

SI MUOVE

NÚMERO 2 - PRIMAVERA/VERANO 2011



CITROËN

SI MUOVE

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

NÚMERO 2 - PRIMAVERA/VERANO 2011

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
ADRIANA RUIDÍAZ - WALTER GERMANÁ
GRACIELA CACACE - MARTÍN CAGLIANI
ROBERTO ARES - GABRIELA CASTELLETTI

Colaboradores
Natalia Jaoand, Ezequiel Bellocchio, Sergio
Eguivar, Jorge Weselka, Leonardo Julio, Matías
Tomasello, John Dubinski, Omar Mangini

Agradecimientos
Amarilis Querol, Carmen España, Marcelo
Teplitzki, Magdalena Ruiz Alejos, Diego Piris,
Marcela Lepera, Rafael Girolo, Graciela Toledo,
Luis Raineri, Sergio Freijomil, Juan Carlos
Aguirre, Mauro Spagnuolo, Edgardo Sborlini

Administración
GRACIELA VÁZQUEZ
MARCELA BARBIERI

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

Impresión
GRÁFICA PRESSPOINT
Av. Elcano 3969 - Capital Federal
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. Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares.



Ministerio de Cultura



EDITORIAL

Presentamos esta segunda edición de la revista con alegría porque hemos recibido muy buenos comentarios de nuestro primer número y esto nos alienta para seguir en el rumbo trazado. Queremos seguir despertando curiosidad e interés por la astronomía y creemos que éste nuevo canal de comunicación lo cumple.

El lanzamiento de la revista nos encontró en medio de un proceso de cambio que está concluyendo en estos días. Justamente queremos que este número coincida con la tan ansiada reinauguración del Planetario. Y este momento tan esperado nos encuentra con mucha ansiedad pero también con tristeza pues el corazón de nuestro viejo proyector Carl Zeiss dejará de latir -no por voluntad propia- para dar lugar a un nuevo proyector de última generación.

Cuando comencé a escribir esta editorial era mi intención transmitirles mi entusiasmo por la renovación de nuestro instrumental y la llegada de proyectores, llenos de novedosos y sofisticados mecanismos que nos permitirán disfrutar de las maravillas del cosmos. ¡Y es verdad! Este cambio tecnológico nos permitirá ver el Cosmos desde adentro, salir de nuestra perspectiva terrestre para poder internarnos entre las nebulosas y galaxias y poder ver de cerca planetas, satélites o el nacimiento de nuevas estrellas. Pero esto significaba, al mismo tiempo, que tendría que dejar de lado a un "viejo amigo" y esto nunca es agradable. Es sólo un instrumento, dirán algunos, pero quienes trabajamos en el Planetario sabemos que representó mucho más que eso.

Quiero rendir un homenaje a un compañero de ruta que nunca dejó de funcionar durante 45 años. Gracias "viejo amigo" que nos acompañaste durante 162.000 horas días girando e iluminando con estrellas a tantas generaciones de niños, hoy ya adultos, que pasaron por nuestra casa. Querido proyector que despertaste tantas vocaciones de hoy prestigiosos científicos de nuestro país, hoy te da las gracias quien viste llegar a los 22 años, a quien acompañaste, ayudaste a hacer docencia y a crecer hasta convertirse en la Directora del Planetario.

Lic. Lucía Cristina Sendón

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

SUMARIO

05-08 /// La colisión entre la Vía Láctea y Andrómeda. **9-11** /// Famosa y lejana. Observación de Andrómeda. **12-14** /// Observación: El show de Júpiter. **15-16** /// Usted está aquí. Puntos cardinales. **17-18** /// Paleoclima. **19-22** /// Campo del Cielo en el Planetario. **23-25** /// Furia Roja. Actividad solar. **26** /// Institucionales. **27-30** /// Teledetección. **31-34** /// Astrofísica. Remanentes de supernovas. **35-36** /// Las estrellas de Brasil. **37** /// La cara de la Luna que vemos desde la Tierra. **38-40** /// Galería astronómica. **41-42** /// El año de Neptuno. **43-46** /// La migración astronómica de las aves.



AULA DIGITAL EXO[®]

La solución para incorporar tecnología en el aula de clase

Se adapta a cualquier formato de aula:

No necesita ninguna instalación especial

Administrador de Clases:

Interacción didáctica entre el docente y alumno

Pizarra Digital interactiva:

Puede compartir las clases a través de internet

Más de
620.000
Exomate[®]
entregadas



Netbook
Exomate[®] X355



PRODUCCIÓN NACIONAL
La línea de Colección EXO

Pizarra Digital
eBeam

Proyector
Benq



LA COLISIÓN ENTRE LA VÍA LÁCTEA Y ANDRÓMEDA

Choque de titanes



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

Las dos galaxias más grandes del “Grupo Local” se están acercando. Inexorablemente, dentro de 3 mil millones de años se encontrarán y protagonizarán una lenta y traumática danza gravitatoria. Un abrazo definitivo que las convertirá en una única estructura.

Allí está Andrómeda. Luce calma e inofensiva. Es aquel manchón pálido y difuso que durante la primavera y desde nuestras latitudes, apenas se asoma sobre el horizonte del norte, cerca de la medianoche. En las grandes ciudades sólo podemos verla con binoculares. Pero en cielos oscuros y transparentes es fácil ob-

servarla a ojo desnudo, como un suave resplandor ovalado del tamaño de seis lunas en fila. Mirar a Andrómeda resulta por demás emocionante: es el objeto más lejano observable a simple vista. Está a una distancia de casi 3 millones de años luz; un espacio tan grande que la luz, que viaja a 300.000 km/segundo, demora casi 3 millones de años en cruzar. Mucho es-

pacio... y mucho tiempo. Y eso también es profundamente emocionante: cuando miramos a Andrómeda, en realidad, la vemos como era hace casi 3 millones de años.

Esa suave luz galáctica que recién ahora entra en nuestras pupilas es muy vieja. Salió de allí cuando en la Tierra aún vivían Lucy y los demás *Australopithecus*



Un ejemplo de colisión actual: galaxias de Las Antenas.

afarensis, aquellas pequeñas criaturas bípedas que nos antecedieron en el camino evolutivo. Sin embargo, noche a noche, año tras año y siglo tras siglo, esa brutal brecha espacial que separa a Andrómeda de nuestra galaxia, la Vía Láctea, se va cerrando. Sin que lo hayamos notado, hoy están un poco más cerca que ayer, y mañana estarán un poco más cerca que hoy. Alguna remotísima vez, dentro de miles de millones de años, estos dos pesos pesados de la fauna galáctica local se encontrarán en un fenomenal abrazo gravitatorio; un episodio mayúsculo que desatará oleadas masivas de alumbramien-

tos estelares y, luego, el nacimiento de toda una nueva galaxia.

Reinas del “Grupo Local”

Puede resultar curioso, pero hasta hace apenas un siglo, la mayoría de los científicos pensaba que nuestra galaxia era todo el Universo. Pero durante las décadas de 1920 y 1930, Edwin Hubble y otros grandes astrónomos hicieron estallar todas las escalas de espacio y tiempo: por un lado, demostraron que, en realidad, la Vía Láctea era apenas una más entre los miles y miles de millones de galaxias que salpican los vastos y oscuros vacíos cósmicos. Además, comprobaron que el Universo mismo estaba (y está) en veloz expansión (una observación científica revolucionaria que serviría de base para la posterior Teoría del *Big Bang*). Todo un tema que merece, obviamente, un capítulo aparte.

Lejos de estar sola, la Vía Láctea forma parte del llamado “Grupo Local”, una familia de unas 50 galaxias desparramadas en un radio de pocos millones de años luz. La inmensa mayoría del “Grupo Local” son modestas galaxias “enanas”, formadas por unos pocos miles de millo-

nes de estrellas. Otras son un poco más respetables, como la Nube Mayor y la Nube Menor de Magallanes, dos galaxias vecinas que se ven como manchones en nuestros cielos australes. Pero la verdad es que en esta cincuentena de galaxias sólo hay tres verdaderamente notables. La tercera en el podio es **M 33** (también conocida como la “Galaxia del Triángulo”, por la constelación donde se ubica), una muy bonita galaxia espiral de unos 50.000 años luz de diámetro. La segunda es la nuestra, la **Vía Láctea**, una galaxia espiral barrada de 120 mil años luz de diámetro, con unos 400 mil millones de estrellas (lo de “barrada” se debe a que su núcleo está, justamente, atravesado por una barra de estrellas y gases). Obviamente, la número 1 es **Andrómeda**, otra galaxia espiral un poco más grande que la nuestra, pero con una masa es-

telar muy parecida a la Vía Láctea. Este fabuloso carrousel de estrellas –también conocido como M 31– es uno de los íconos máximos de la Astronomía. No hay libro o revista especializada que no tenga una foto de Andrómeda en sus páginas. Además, es uno de los objetos más notables del firmamento boreal, especialmente, porque desde el hemisferio sur apenas podemos verla sobre el horizonte (ver el siguiente artículo).

Indiscutiblemente, y más allá de ciertos parámetros específicos –no del todo claros– que puedan tenerse en cuenta (parece, por ejemplo, que la nuestra tiene más materia oscura¹), Andrómeda y la Vía Láctea son los dos titanes del “Grupo Local”. Incluso, cada una de ellas tiene un gran séquito de galaxitas satélites, atadas a sus tremendos tirones gravitatorios. Y como veremos, todo indica que, a largo plazo, la suerte ya está echada para ambas.

A toda velocidad

Pongamos las cosas a escala, para entenderlo mejor. Actualmente, la distancia entre la Vía Láctea y Andrómeda es de 2,9 millones de años luz. Si tomamos en cuenta esa brecha y los tamaños de ambas

La galaxia de Andrómeda es uno de los íconos máximos de la Astronomía. No hay libro o revista especializada que no tenga una foto de ella. Además, es uno de los objetos más notables del firmamento boreal.

galaxias, y si prescindimos de ciertas diferencias, podríamos representarlas como dos *compact discs* separados por 3 metros. No parecen demasiado juntas, pero se están acercando. A partir de distintos estudios espectrales de la luz emitida por Andrómeda, queda bien claro que su velocidad radial con respecto a la Tierra –y a toda la Vía Láctea, en realidad– es de unos 140 km/segundo; es decir, 500.000 km/hora. En realidad, no es que la Vía Láctea esté quieta y que Andrómeda se nos venga encima, sino que ésa es la suma de las velocidades de una con respecto a otra.

Los dos titanes del “Grupo Local” se están acercando entre sí, a paso firme y sostenido, mientras devoran millones y millones de kilómetros por día (muy poco a escala intergaláctica). La Vía Láctea y su hermana mayor se verán las caras bien de cerca dentro de 3 mil millones de años. Y entonces, comenzará un lento, espectacular e inexorable drama cósmico.

Choques galácticos virtuales

Las colisiones entre galaxias son fenómenos relativamente habituales en el Universo. De hecho, los más grandes telescopios han fotografiado cientos de casos, algunos verdaderamente impresionantes, como el de las famosas galaxias “Antenas” (NGC 4038 y NGC 4039), situadas a 60 millones de años luz de nosotros. Entre otras cosas, el estudio de esos choques galácticos ha echado algo de luz sobre la suerte que les espera a la Vía Láctea y a Andrómeda.

Tan o más importantes han sido las contribuciones de varios modelos teóricos y simulaciones por computadoras realizadas durante los últimos años. Entre los casos más notables, figuran los publicados en 2000 y 2001 por el astrónomo John Dubinski (Universidad de Toronto), y más recientemente, en 2007, por un grupo de investigadores encabezados por Thomas Cox y Abraham Loeb (Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian, en Massachusetts); más las espectaculares imágenes virtuales generadas, durante los últimos años, por el doctor Frank Summers y sus colegas (*Space Telescope Science Institute*, en Baltimore). Se simularon “Vía Lácteas y Andrómedas virtuales” en súper computadoras, y se cargaron pilas de datos:



La galaxia de Andrómeda, tal como la vemos en la actualidad.

masas, diámetros, densidades, orientaciones, distancias y velocidades. Así fue posible adelantarse en el tiempo y recrear –aproximadamente, claro está– el encuentro entre las dos galaxias, su evolución y sus consecuencias. Veamos qué pasará...

Nacimiento de una súper galaxia

Nada especialmente significativo ocurrirá hasta dentro de unos 1500 millones de años. A partir de ese entonces, lentamente (y a medida que Andrómeda vaya apareciendo cada vez más grande y brillante en el cielo de la Tierra), las siluetas de ambas galaxias empezarán a deformarse progresivamente, producto de sus respectivos tironeos gravitatorios. Unos 1000 millones de años después tendrán su primer encuentro, a más de 1.500.000 km/hora. Será un tremendo roce que las deformará completamente: sus cerrados cuerpos espiralados se desplegarán hasta formar unas especies de letras “S” muy estiradas. Ambas galaxias, completamente desgarradas, seguirán de largo, se alejarán durante unos cientos de millones de años más, para luego frenarse, y entonces sí, caer hacia su abrazo y fusión definitiva.

Lejos de chocar verdaderamente, tanto en su roce inicial como en su fusión final, Andrómeda y la Vía Láctea se atravesarán e integrarán sus cuerpos, con sus cientos de miles de millones de estrellas. De hecho, y dados los enormes vacíos interestelares, es extremadamente improbable que ni siquiera dos de sus incontables

La Vía Láctea y Andrómeda tienen su suerte echada. Nada significativo ocurrirá hasta dentro de 1500 millones de años. Luego, empezarán a deformarse progresivamente, producto de los tirones gravitatorios, y alguna vez las dos serán una sola.

estrellas choquen entre sí (para entenderlo un poco mejor, basta con imaginarse a dos granos de arena separados en el volumen de un estadio de fútbol). En medio de retorcciones y corrientes alocadas de estrellas, lanzadas en una y otra dirección, ambas galaxias se irán asentando en un cuerpo único de forma aproximadamente ovalada. Habrán pasado unos 4000 millones de años desde nuestros días. El largo y traumático parto del nuevo monstruo galáctico, que nosotros preferimos llamar “*Vía Andrómeda*” (aunque en el hemisferio norte hayan elegido el nombre de “*Milkomeda*”), traerá aparejado otro fenómeno nada menor: masivas oleadas de nacimientos de estrellas, provocados por violentísimos choques y re-



Tres imágenes de una simulación por computadora realizada por John Dubinski, de la Universidad de Toronto, que muestra cómo sería la lenta fusión entre Andrómeda y la Vía Láctea, a lo largo de cientos de millones de años.

molinos de inmensas masas de gas y polvo galácticos. Nuevos soles se encenderán por primera vez en la flamante y todavía muy convulsionada súper galaxia.

¿Y el Sistema Solar?

En los cielos de la Tierra el espectáculo estará garantizado desde el comienzo. La espiralada silueta de Andrómeda ocupando casi todo el cielo es algo que eriza la piel de sólo pensarlo. Pero... ¿habrá alguien para verla? ¿Cuál será la suerte de todo el Sistema Solar en medio de semejante desbarajuste galáctico?

Nada podemos saber acerca de la suerte de la humanidad. Tal vez, por aquel lejísimo entonces, hayamos poblado buena parte de la galaxia (evolucionados hacia patrones anatómicos difíciles de imaginar), o quizás hayamos desaparecido muchísimo tiempo antes. La única certeza que tenemos es que dentro de 3 ó 4 mil millones de años, el Sol seguirá "vivo". Sí, será una estrella muy vieja, pero aún le quedará resto para brillar otros dos mil millones de años. Los modelos de Dubinski y de Cox/Loeb coinciden en que seguramente el Sol (arrastrando consigo a todo el Sistema Solar), saldrá disparado hacia los bordes de la nueva galaxia, y quizás quede a unos 100.000 años luz de su centro (actualmente estamos a 27 mil años luz del núcleo de la Vía Láctea). Pero el viejo Sol sabrá defender y retener a su cohorte de mundos, hasta el final de sus días. En medio de la debacle galáctica, su gravedad se impondrá a los muy atenuados tirones de otras estrellas, mucho más lejanas y a la deriva.

Cuando el viejo Sol finalmente se apague para siempre, *Vía Andrómeda* ya habrá calmado sus furias de parto. La colosal galaxia elíptica, con casi un millón de millones² de estrellas, estará en paz. Y dominará orgullosa este rincón del Universo. ■

1- La materia oscura conforma aproximadamente el 90% de la masa total del Universo conocido, y a diferencia de la materia ordinaria (o "bariónica"), no puede observarse directamente, dado que no emite ni refleja luz, sino que sólo puede detectarse y medirse a partir de los efectos gravitatorios que ejerce en su entorno.

2- Es lo mismo que decir un billón de estrellas, o sea: 1.000.000.000.000.

Famosa y lejana

Por Walter Germaná, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.

Desde nuestras latitudes, la mejor época para observar a la galaxia más popular del cielo -con cierta dificultad dada su baja altura-, es entre los meses de septiembre y noviembre.



Foto: Mariano Ribas, Planetario “Galileo Galilei”.

En el cielo de Yamay la oscuridad es suficiente como para ver a Andrómeda a simple vista, la manchita central de la imagen.

Desde nuestras latitudes, el tiempo para observar a esta galaxia es acotado.

“Una pequeña nube en la constelación de Andrómeda”. Así describió Abd Al-Rahman Al Sufi, más conocido como Azophi¹, en su *“Libro de las estrellas fijas”* (964 después de Cristo) a la hoy conocida como galaxia de Andrómeda (M 31). Pero, ¿la había descubierto? Desde luego que no. Muchas veces se adjudica un descubridor a astros que pueden verse a ojo desnudo. Éste es el caso de M 31, observada desde siempre, al igual que Marte o Júpiter. No tiene un descubridor, aunque quizás podríamos preguntarnos cuál fue el primer ser vivo que dirigió hacia allí una mirada con algún tipo de inquietud, algo que evidentemente nunca sabremos.

Lo que sí sabemos hoy es que Andrómeda es el objeto astronómico más le-

jano que puede verse a simple vista desde la Tierra, y que pasó de ser una conspicua mancha en los cielos del norte, o una simple nebulosa cercana, a transformarse en la galaxia más destacada (a la par de la Vía Láctea) en nuestro vecindario galáctico, conocido como “Grupo Local”².

Cómo se ve Andrómeda

Para observar a M 31 será fundamental alejarnos de las grandes ciudades, es decir, escapar de la contaminación luminosa. También debemos escoger el momento más adecuado. Para el observador que vive en latitudes medias del hemisferio norte, la galaxia de Andrómeda se encuentra perfectamente ubicada, muy alta sobre el horizonte la mayor parte del año. Por el contrario, para nosotros que

vivimos en latitudes medias del hemisferio sur, la tarea es mucho más complicada. En su mejor momento, desde la ciudad de Buenos Aires y alrededores, Andrómeda apenas llega a elevarse unos 15° sobre el horizonte (ver Gráfico pág. 11). Por ello, además deberemos buscar un lugar con un horizonte despejado de obstáculos, como árboles o edificaciones. Para observarla desde nuestras latitudes, el momento ideal es entre los meses de septiembre (por la madrugada) y noviembre (en torno a las 23:00 hs). Las posibilidades se reducen cuanto más al sur de nuestro país nos encontremos, y es prácticamente inobservable más allá de los 45° de latitud sur, por su baja altura sobre el horizonte. La galaxia se verá como una tenue mancha grisácea de

forma ovalada, y tendremos que buscarla mirando casi exactamente hacia el punto cardinal norte, a 15° de altura, en las fechas y horarios indicados en la Tabla.

Para encontrar a Andrómeda podemos guiarnos fácilmente con las estrellas y constelaciones ubicadas visualmente en su cercanía. La figura dominante, que se encuentra en el centro de nuestro Mapa, es la constelación de Pegaso. Se destacará principalmente su cuadrilátero, formado por las estrellas Scheat (Beta), Markab (Alfa), Algenib (Gamma) y Alpheratz (Alfa *Andromedae*). Luego buscaremos la constelación de Andrómeda: la figura se desarrolla hacia la parte inferior derecha del Mapa. Si comenzamos desde la estrella Alpheratz (que une a Pegaso con Andrómeda) y descendemos en diagonal hacia abajo a la derecha, llegaremos a la estrella Mirach (Beta *Andromedae*). A partir de aquí, un camino formado por dos estrellas más pálidas nos permitirá alcanzar nuestro objetivo.

Con prismáticos

Hasta aquí hemos descrito cómo ubicar a M 31 a simple vista. Pero si contamos con binoculares, pequeños, medianos o grandes, nos serán de enorme ayuda. Así

podremos evidenciar un brillo mayor en la parte central de la galaxia, lo que corresponde a su núcleo, y en gran medida también su forma. Además, podremos divisar a dos astros “vecinos”: M 33, también conocida como “Galaxia del Triángulo” (por el nombre de la constelación donde se encuentra), situada en diagonal, arriba a la derecha de M 31; y NGC 752, un cúmulo estelar abierto grande, brillante y disperso, ubicado por debajo de M 33.

Con telescopio

Si contamos con un telescopio, podremos además apreciar otras dos manchas cercanas a la estructura principal de Andrómeda. Éstas son M 32 y M 110, dos galaxias satélites de M 31. También debemos tener en cuenta que Andrómeda es un objeto muy grande en el cielo (abarca 3°, es decir, como 6 lunas puestas una al lado de la otra). Por eso, salvo que queramos apreciar algún detalle en particular, no nos será útil hacer uso de mucho aumento en el telescopio, ya que la galaxia no entrará completa en el campo del ocular. De hecho, será difícil que esto ocurra con la mayoría de los telescopios, aun trabajando con poco au-

mento. Por eso es que muchos creemos que Andrómeda es un objeto ideal para observar con binoculares.

Un intruso

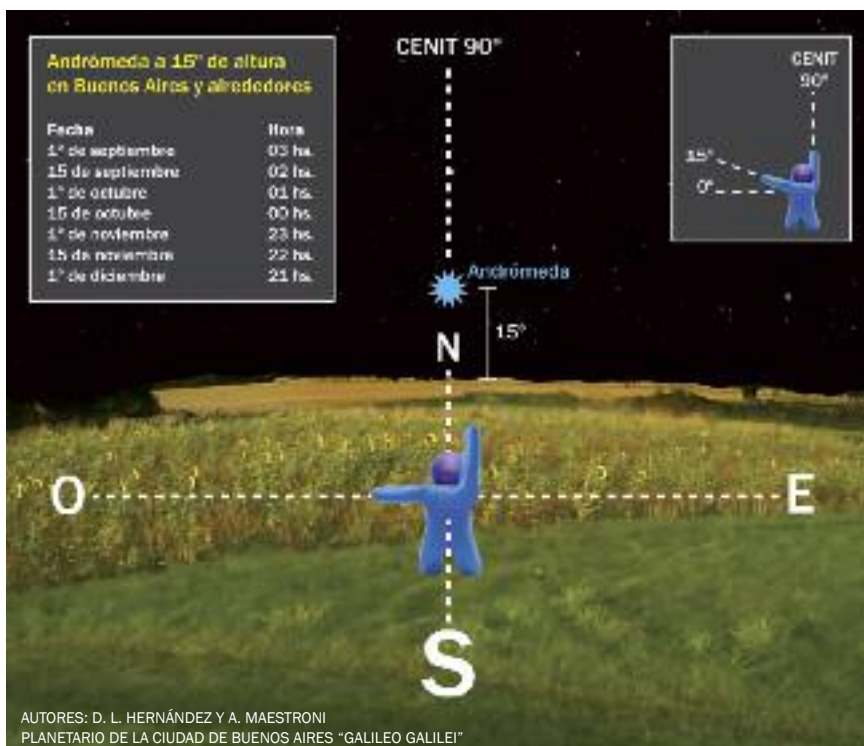
Para finalizar, debemos hacer referencia obligada al astro más brillante que domina la escena de todas estas noches, y que está ubicado en el extremo superior derecho del Mapa. Se trata de Júpiter, situado actualmente en la constelación de Aries (la posición, ya que no es “fija”,

Para observar a esta galaxia es fundamental alejarnos de las grandes ciudades. En su mejor momento, desde Buenos Aires y alrededores, Andrómeda apenas llega a elevarse unos 15° sobre el horizonte.





Para facilitar la búsqueda de la galaxia de Andrómeda (M 31), es conveniente primero ubicar el cuadrilátero de Pegaso. Luego, la constelación de Andrómeda y las estrellas Alpheratz y Mirach. Las posiciones de Júpiter valen sólo para el año 2011.



está definida para diferentes fechas del corriente año, aunque como se verá, no cambia demasiado). Los pormenores relacionados al planeta más grande del Sistema Solar y a su observación podrán verse en el artículo siguiente. ■

1- Abd Al-Rahman Al Sufi (903-986) fue un importante astrónomo persa. Tradujo y comentó muchas de las obras astronómicas griegas más importantes, entre ellas las realizadas en Alejandría, como el *Almagesto* de Ptolomeo. "Azophi" es una abreviatura de su nombre, a través de la cual es más conocido.

2- El "Grupo Local" es un conjunto formado por unas 50 galaxias que interactúan gravitatoriamente entre sí. Está dominado por dos gigantes: nuestra Vía Láctea y Andrómeda.

Gráfico que muestra la posición de la galaxia de Andrómeda en el momento de alcanzar su mayor altura sobre el horizonte, para una latitud como la de Buenos Aires ($34,5^\circ$ S). La Tabla de la izquierda indica los mejores momentos para observarla.

CLAVES PARA OBSERVAR, ENTENDER Y DISFRUTAR SU MEJOR ACERCAMIENTO HASTA 2022

El show de Júpiter

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

El gigante a rayas del Sistema Solar se está robando todas nuestras miradas al cielo. Y con razón: a fines de octubre, Júpiter se ubicó a su mínima distancia a la Tierra hasta el año 2022. Una excelente oposición. Durante varias semanas se lo vio como pocas veces, brillante e inconfundible a ojo desnudo, absolutamente impresionante y rico en coloridos y cambiantes detalles a través de telescopios. Y su observación sigue siendo óptima durante lo que resta del 2011.

Júpiter es el quinto planeta a partir del Sol y está unas cinco veces más lejos de nuestra estrella que la Tierra. Tanto, que para completar su órbita, el gigantesco planeta gaseoso demora casi doce años de los nuestros. Cada 13 meses, la Tierra —que recorre una órbita más chica y a mayor velocidad— “alcanza” a Júpiter del mismo lado del Sol. Y entonces, fugazmente, los tres forman una línea casi recta en el espacio (Sol-Tierra-Júpiter). A eso se le llama oposición, porque el Sol y el planeta se ubican diametralmente opuestos desde nuestro punto de vista, tanto en el espacio como en el cielo. Al mismo tiempo, una oposición también marca (casi exactamente) el momento de menor distancia entre la Tierra y Júpiter (o cualquier otro planeta exterior) en cada año. Y aquí está el *quid* de la cuestión: si las órbitas de ambos planetas fuesen perfectamente circulares y concéntricas, todas las oposiciones serían iguales, y cada 13 meses Júpiter se ubicaría a la misma distancia mínima de nuestro planeta. Pero no es así.

Oposiciones: no todas iguales

Desde los tiempos de Kepler, a comienzos del siglo XVII, sabemos que las órbitas planetarias no son *aristotélicamente* circulares, sino, justamente, *keplerianamente* elípticas, y que en el Sistema Solar no todo es tan prolijo, ni tan perfectamente concéntrico, como alguna vez se creyó. De hecho, y yendo directamente al punto que nos interesa, la moderada excentricidad de la órbita de Júpiter hace que su distancia al Sol varíe entre 740 y 816 millones de kilómetros.



Sonda Cassini-Huygens, NASA.



Mariano Ribas, Planetario "Galileo Galilei".

Secuencia de imágenes que muestran la rotación de Júpiter, correspondientes a las 00:08, 00:32, 01:02 y 01:29 hs del 22 de octubre de 2011.

En consecuencia, la brecha de espacio que separa a la Tierra de Júpiter en cada oposición, cada año, también varía notablemente: entre 591 y 676 millones de kilómetros.

Obviamente, esas variaciones repercuten directamente en el aspecto del planeta visto en el cielo terrestre: su diámetro aparente varía de 44 a 50 segundos de arco, y su magnitud visual oscila entre -2,4 y -2,9. La oposición de Júpiter de abril de 2005, por ejemplo, fue muy pobre, con el planeta a 667 millones de kilómetros (diámetro aparente: 44,2"; magnitud: -2,4). En el otro extremo, la oposición de septiembre de 2010 fue prácticamente inmejorable: 592 millones de kilómetros (49,8" y -2,9). Fue la mejor desde 1963

y ligeramente superior a la de octubre de 2011.

La gran oposición de 2011

En la noche del 28 de octubre, Júpiter estuvo a 594 millones de kilómetros de la Tierra, su menor distancia hasta septiembre de 2022. Apenas un 0,4% más lejos que en la oposición del año pasado. Por eso, el planeta lució prácticamente idéntico a aquella oportunidad: su diámetro aparente es de 49,6" y su magnitud visual de -2,9. Para tener una idea de semejante brillo, podemos decir que Júpiter se vio unas 4 ó 5 veces más luminoso que Sirio, la estrella más brillante de la noche; o poco menos que Venus, el famoso "lucero".

Más allá de la noche puntual de la oposición, vale la pena destacar que estos valores visuales excepcionales de Júpiter se mantuvieron iguales entre el 22 y el 31 de octubre. Más aún, durante más de un mes, entre el 9 de octubre y el 11 de noviembre, el diámetro aparente de Júpiter estuvo por encima de 49", un tamaño superior al de la mayoría de sus oposiciones. Eso equivale al 3% del tamaño aparente de la Luna en el cielo. Puede parecer poco, pero es muchísimo para un planeta. Ade-

más, hasta fines de 2011 su observación seguirá siendo óptima.

Mirando al gigante

A simple vista, Júpiter siempre es un astro muy llamativo, y más aún en oposiciones tan favorables como ésta. Sin embargo, el mayor espectáculo está reservado para observarlo con binoculares y, especialmente, telescopios. Con unos binoculares podemos ver el disco del planeta pequeño pero bien definido, y a sus lados, cuatro brillantes "puntitos" de luz: Io, Europa, Ganímedes y Calisto, sus famosas lunas. Es muy interesante y entretenido verlas cambiar de posición noche a noche, incluso, hora tras hora, a medida que recorren sus órbitas.

Con telescopios medianos (100 a 150 mm de diámetro), y si utilizamos unos 200 a 250 aumentos (lo ideal para la observación planetaria), Júpiter se ve del tamaño de una moneda, como un disco achatado y de color predominantemente blanco. Un observador atento puede disfrutar detalles atmosféricos: bandas y cinturones rojizo-amarronados (gruesas nubes que circulan en la alta atmósfera), las regiones polares (más oscuras que el resto del disco) y, por supuesto, la Gran Mancha Roja, ese colosal huracán de unos 25 mil km de diámetro (el doble del de la Tierra), observado por los astrónomos desde hace más de tres siglos.

El regreso del SEB

Sin dudas, el principal atractivo de esta oposición de Júpiter es observar el "regreso" del Cinturón Ecuatorial Sur (también conocido como SEB, por su

Toda la noche

Cuando un planeta está en oposición puede verse toda la noche: sale cuando el Sol se oculta, y se oculta cuando el Sol sale (está opuesto al Sol en el cielo). Por eso, el viernes 28 de octubre Júpiter se asomó por el horizonte este-noreste hacia las 19:10 hs (en Buenos Aires y alrededores). Enclavado en la constelación zodiacal de Aries (muy cerca del límite con Piscis), hacia las 22:00 hs el planeta se ubicó a unos 30 grados sobre el horizonte. Finalmente, hacia las 00:40 hs transitó por el norte, a 43° de altura. En torno a este momento se dieron las mejores condiciones para observarlo con telescopios, dado que cuanto más alto está un astro sobre el horizonte, menos lo afecta la turbulencia de la atmósfera terrestre. Júpiter siguió viéndose por todo el resto de la noche, hasta que se ocultó por el oeste-noroeste luego de las 6 de la mañana, con la salida del Sol en el lado opuesto del cielo. Los horarios de salida, tránsito y puesta son ligeramente distintos en las noches previas y posteriores.

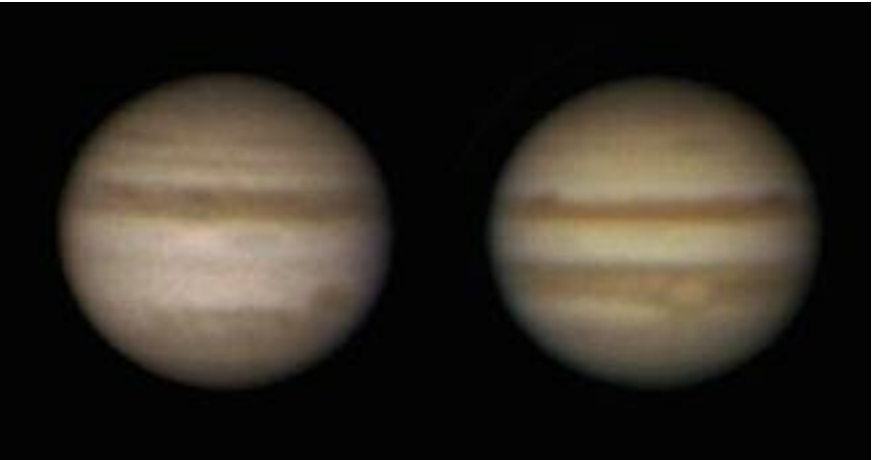
sigla en inglés), una de las dos principales súper estructuras atmosféricas del planeta (la otra es el Cinturón Ecuatorial Norte). Esta colosal franja de nubes, situada entre los 10 y 20 grados de latitud sur de Júpiter, se había desvanecido durante todo 2010. Comenzó a reaparecer en los primeros meses de 2011 y ahora parece haber vuelto a la normalidad.

Puede parecer extraño, pero no es la primera vez que esto ocurre. A partir de los registros observacionales, los astrónomos planetarios saben que desde 1901 hasta hoy, el SEB ha pasado ya por 16 episodios de desaparición-reaparición. Aunque sus duraciones e intervalos han sido muy variables: algunos han durado unos pocos meses; otros, más de un año. Y los intervalos han oscilado entre 3 y 15 años.

¿Qué mecanismos se esconden detrás de estos fenómenos astro-meteorológicos? No hay certezas, pero sí una hipótesis cada vez más fuerte: “No estamos seguros, pero es posible que en las partes más altas del SEB se formen grandes cirrus de amoníaco, nubes que gradualmente lo irían ocultando a la vista”, explica Glenn Orton, del *Jet Propulsion Laboratory* de la NASA. Según Orton, esa posible formación de cirrus de amoníaco helado (NH₃) tendría que ver con cambios en los vientos globales de Júpiter, que arrastrarían ese compuesto desde zonas bajas hasta zonas altas de la atmósfera. En pocas palabras, el SEB no desaparecería realmente, sino que simplemente quedaría tapado (o desta-

pado) siguiendo un ciclo irregular de formación y disipación de nubes de amoníaco en la alta atmósfera joviana. Vale la pena repetirlo: esta magnífica oposición es nuestra mejor oportunidad para observar a Júpiter en más de una década.

Descollante e inconfundible a ojo desnudo, y absolutamente impresionante a través de telescopios. La primavera trae bajo el brazo un regalo de aquéllos: una auténtica y exquisita versión *premium* del “Rey de los planetas”. A no perderse. ■



Júpiter sin el SEB, el 9 de agosto de 2010, y con el SEB, el 25 de septiembre de 2011.

Fecha de oposición	Distancia a la Tierra	Diámetro aparente
8 de octubre de 1963	591.000.000 km	49,81"
3 de abril de 2005	667.000.000 km	44,18"
14 de agosto de 2009	603.000.000 km	48,88"
21 de septiembre de 2010	592.000.000 km	49,79"
29 de octubre de 2011	594.000.000 km	49,59"
3 de diciembre de 2012	609.000.000 km	48,38"
5 de enero de 2014	630.000.000 km	46,76"
6 de febrero de 2015	650.000.000 km	45,30"

Mariano Ribas, Planetario “Galileo Galilei”.

Planeta atmósfera

Júpiter es un planeta fuera de serie. En pocas palabras, podemos definirlo como una enorme “bola de gas” (casi todo, hidrógeno) de casi 143.000 kilómetros de diámetro. Tan grande, que en su interior cabrían mil planetas como el nuestro. En Júpiter no hay superficie sólida, no hay “suelo”. Lo único sólido allí es su núcleo rocoso-metálico (quizás algo más grande que la Tierra), escondido por debajo de profundísimas capas de hidrógeno y helio, a distintas presiones, temperaturas y estados físicos, incluso el líquido.

La “superficie” de Júpiter es, en realidad, su súper atmósfera: un manto externo de miles de kilómetros de espesor. Está compuesta en un 80% de hidrógeno molecular (H₂), casi un 20% de helio y cantidades menores de amoníaco, vapor de agua, fósforo, oxígeno, azufre, metano y etano. La parte más externa de la atmósfera de Júpiter tiene una temperatura de -130°C. La velocísima rotación del planeta (40 mil km/hora) y los poderosos vientos jovianos “estiran” esas nubes heladas y forman varias franjas paralelas al ecuador del planeta. Las franjas claras, prácticamente blancas, se llaman “zonas”, y las oscuras son los “cinturones”, generalmente de colores amarronados y rojizos, a causa de la presencia de fósforo, azufre e hidrocarburos. Las zonas y cinturones de Júpiter parecen formar parte de un complicado ciclo de ascenso y descenso de gases, congelamiento y evaporación, vientos y fenómenos extremos que incluyen coloradas tormentas, como la famosísima “Gran Mancha Roja”, conocida por los astrónomos desde mediados del siglo XVII. Y es justamente en este complejo marco astro-meteorológico donde se producen espectaculares fenómenos como las mencionadas desapariciones y reapariciones del Cinturón Ecuatorial Sur (SEB).



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

La palabra “cardinal” hace referencia a que en la antigua Roma las calles de las ciudades estaban orientadas en dirección norte-sur y adornadas con cardos.

Es habitual decir que por la noche nos podemos guiar gracias a las estrellas. Claro, hay que saber cómo hacerlo. Pero durante el día podemos orientarnos también, gracias a la posición del Sol. Solemos decir también que cada día el Sol sale por el este y se oculta por el oeste. Pero esto no es estrictamente así. El Sol se asoma exactamente por el punto cardinal este y se oculta exactamente por el oeste sólo en dos momentos del año: los de los equinoccios, es decir, cuando comienzan el otoño y la primavera. En esas fechas, el Sol, en su recorrido aparente por el cielo (observado desde la Tierra), atraviesa el ecuador celeste, que es lo mismo que el ecuador terrestre pero extendido al cielo. Desde nuestras latitudes, durante el resto del año, el Sol aparece y se oculta un poco corrido hacia el sur, en primavera y verano, o un poco corrido hacia el norte, en otoño e invierno.

Sabido también es que las brújulas no apuntan exactamente hacia el norte geográfico de

la Tierra, sino hacia el norte magnético de nuestro planeta, que se encuentra desplazado levemente con respecto al norte geográfico. Entonces, si el Sol no sale todos los días por el mismo lugar y las brújulas no apuntan directamente hacia el norte, ¿cómo ubicamos con exactitud los puntos cardinales durante el día? Muy simple: al mediodía, el Sol siempre atraviesa el meridiano del lugar. El meridiano es una línea imaginaria que podemos trazar uniendo el punto cardinal norte con el cenit (el punto situado justo por encima de nuestra cabeza) y el punto cardinal sur.

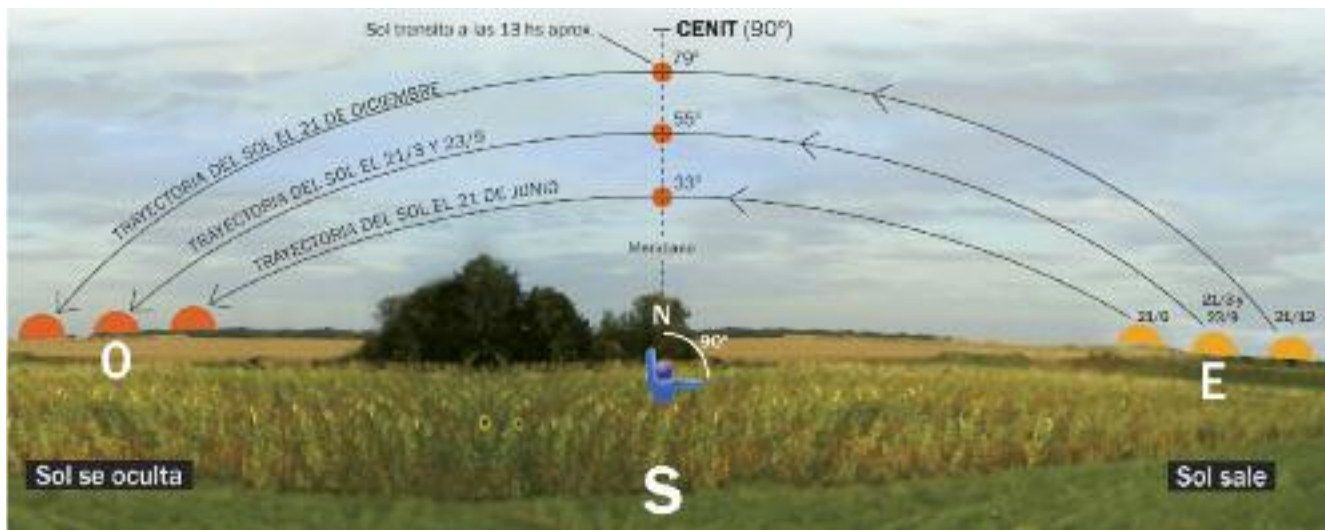
Pero: ¿cuándo es el mediodía? De acuerdo con la utilización o no del horario de verano, podemos estar una o dos horas adelantados al mediodía real. Buenos Aires se encuentra en el Huso Horario -4, es decir, cuatro horas antes de Greenwich, que por convención utiliza el Huso Horario 0 y está en el meridiano 0 de la Tierra. En rigor de verdad, el meridiano que coincide con el Huso -4 pasa por la ciudad de Chivilcoy, 160 km al oeste de la Capital Federal. Para intentar ahorrar energía a comienzos de la década del '90, en la Argentina se comenzó a utilizar, después de muchos años, el hora-

rio de verano, por lo que había que retrasar el reloj una hora para luego adelantarlo al final del período estival. Pero en 1994 no se regresó al horario normal, por lo que quedamos una hora corridos, es decir, utilizando durante el año el Huso -3. Por eso, el mediodía, es decir, el momento del día en el que el Sol está más elevado, se da cerca de las 13 hs. En realidad, eso ocurriría exactamente en la ciudad de Chivilcoy, o en cualquier lugar de la Tierra, más al norte o más al sur, que compartiera ese meridiano. Y como Buenos Aires se encuentra más hacia el este, el mediodía ocurrirá unos pocos minutos más temprano.

Ahora sólo tenemos que esperar a las 13 horas de cualquier día y verificar la posición del Sol. Justo por debajo, estará el punto cardinal norte; por detrás, el sur; a nuestra derecha, el este, y a nuestra izquierda, el oeste. Utilizando nuestros brazos podemos formar ángulos de 90° para orientarnos.

Durante la noche

De una manera similar, por la noche podemos utilizar las estrellas para orientarnos y encontrar los principales puntos cardinales. Durante mucho tiempo así lo hicieron los

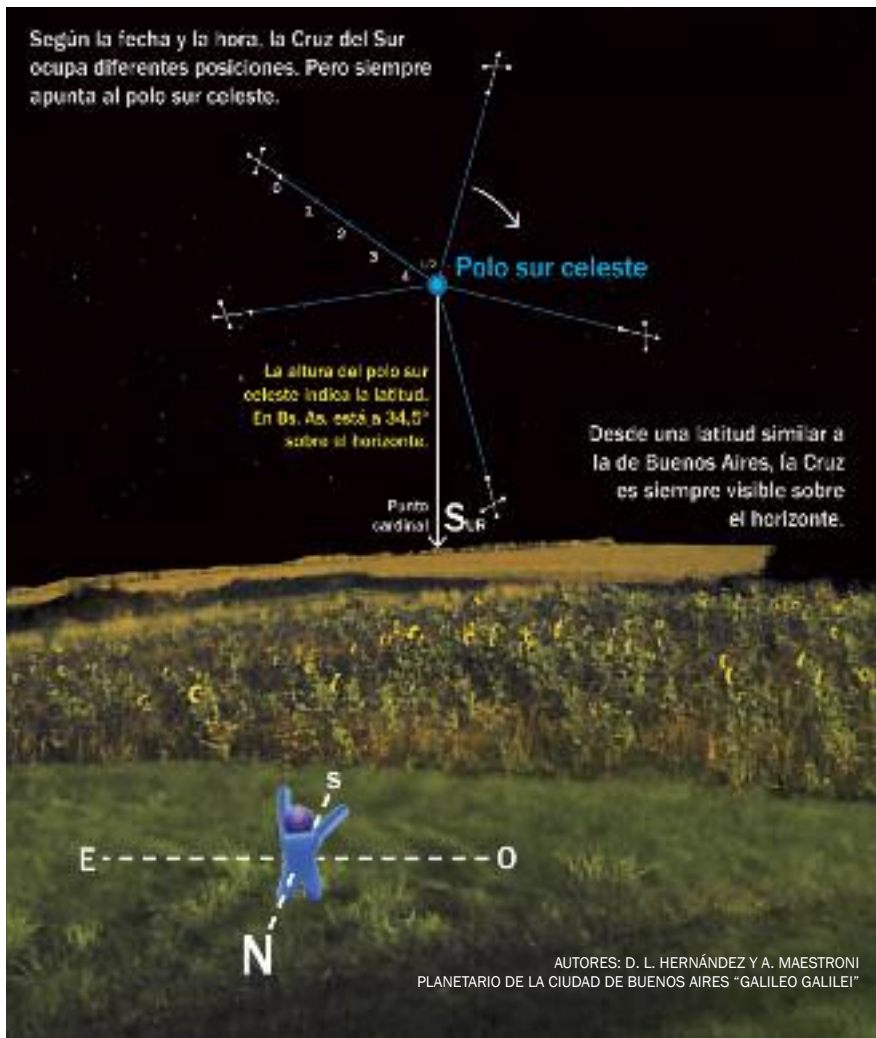


Aunque aquí no lo parezca, entre el norte y el este hay 90°. El Sol sale por el este y se oculta por el oeste sólo dos veces al año, en los equinoccios. Desde Buenos Aires, esos días el Sol se eleva 55° al mediodía, cuando transita por el meridiano del lugar. Durante primavera y verano, el Sol sale y se oculta corrido hacia el sur y se eleva mucho más al mediodía. En otoño e invierno, sale y se oculta corrido hacia el norte, y se eleva mucho menos. La altura del Sol varía según la latitud; el lugar por el que sale, no.

navegantes. De mucha utilidad les resultó una constelación que hoy es un emblema de nuestras latitudes: la Cruz del Sur. Antonio Pigafetta, el cronista de Magallanes, la menciona en sus crónicas por los mares australes como una gran guía, que se iba elevando en el cielo a medida que más hacia el sur nave-

gaban. Por su parte, cuando varios años antes la había divisado Cristóbal Colón tras cruzar el ecuador, recordó un pasaje de la Divina Comedia de Dante en el que mencionaba cuatro estrellas brillantes como la entrada al purgatorio. Supersticioso, Colón emprendió el regreso hacia lugares más boreales donde

encontraría otros tipos de peligros. Desde Buenos Aires, la Cruz del Sur es una constelación circumpolar. Esto quiere decir que nunca se oculta bajo el horizonte, que se observa durante todo el año y que en el cielo parece moverse en torno al polo sur celeste (esto último no ocurre sólo con la Cruz, sino con todo el sector sur del cielo). No debemos confundirla con las “Falsas Cruces”, dos rombos que se encuentran entre la verdadera Cruz y la estrella Canopus, la segunda más brillante. Para encontrar el sur, hay que extender el palo mayor de la Cruz del Sur cuatro veces y media, y allí estará el polo sur del cielo. Si descendemos en línea recta hasta el horizonte, allí encontraremos el punto cardinal sur; por detrás quedará el norte; a nuestra izquierda el este y a la derecha, el oeste. Desde el hemisferio norte la Cruz del Sur no resulta visible. Pero allí cuentan con la estrella Polaris, que coincide casi con el polo norte celeste. Por eso, a medida que nos adentramos en el hemisferio boreal, luego de pasar el ecuador, Polaris se irá elevando, hasta alcanzar el punto más alto en el cielo cuando lleguemos al polo norte. Independientemente de la latitud a la que nos encontremos, justo por debajo de Polaris, en el horizonte, estará el punto cardinal norte; a nuestras espaldas, el sur; a nuestra izquierda, el oeste; y a nuestra derecha, el este. Por supuesto, si nos encontramos en el polo norte, cualquier paso que hagamos lo daremos hacia el sur. ■



Cuando la Tierra era una bola de hielo

Por Martín Cagliani *
mcagliani@sinectis.com.ar

Hace 700 millones de años, la Tierra estaba habitada sólo por seres microscópicos. Pero luego de un evento conocido como *Tierra Bola de Nieve* vemos la aparición de los primeros animales. Durante esta súper glaciación, el mundo estuvo cubierto por el hielo, incluso en el ecuador, y los científicos se preguntan si esto tuvo que ver con la evolución de los animales.

Hace 700 millones de años nuestro planeta era muy diferente de lo que es hoy en día, incluso su relación con el resto del Sistema Solar, la Luna incluida. Para comenzar, los continentes que hoy reconocemos sobresaliendo del mar tenían una forma muy diferente, y estaban ubicados en otras regiones. El clima también era distinto: podemos decir que era el opuesto total al que vemos en la actualidad.

Para los humanos de hoy puede resultar increíble que la Tierra haya estado cubierta de hielo. Nuestra especie se ha enfrentado a glaciaciones en su historia evolutiva. La última de ellas, y la más fuerte que ha visto, tuvo su punto más frío hace 18 mil años, momento en que los hielos cubrieron gran parte de Europa y también Norteamérica hasta la altura de la actual Nueva York. Pero esta glaciación palidece en comparación con las que ocurrieron en el período geológico conocido como Neoproterozoico, que terminó hace unos 600 millones de años. Obviamente, no existían humanos en aquellos tiempos, ni primates ancestros nuestros, ni mamíferos, ni animales de ningún tipo. La vida antes de esas súper glaciaciones conocidas como



Tierra Bola de Nieve era microscópica. Luego de las glaciaciones, la vida multicelular se diversificó de una forma tan rápida que al período se le dio el nombre de Explosión Cámbrica. Claramente, cuando hablamos de velocidad lo hacemos en términos geológicos, ya que la mentada explosión ocurrió entre 575 y 525 millones de años atrás.

La bola de nieve espacial

En las últimas décadas se vienen descubriendo evidencias, en rocas de alrededor de 700 millones de años de antigüedad, que apuntan a la presencia de glaciares inmensos y en crecimiento, ubicados en latitudes ecuatoriales y al nivel del mar. Con la presencia de glaciación a unos 30 grados del ecuador, los geólogos creen que el resto del mundo debería haberse congelado rápidamente. Esto se debe a que el hielo y la nieve reflejan la luz del Sol; así, la radiación solar, o sea el calor, no es absorbida sino rechazada hacia el espacio. Sin ese calor solar la temperatura mundial bajó mucho. Hoy en día ocurre

lo contrario: al perder cada vez más superficie con hielo y nieve en los polos y en las altas cumbres, aparece la tierra oscura que absorbe el calor del Sol en vez de reflejarlo, lo que vuelve cada vez más veloz el calentamiento global.

Científicos de la Universidad de Harvard han publicado un estudio en la revista *Science* que presenta evidencias de glaciares en el ecuador hace 716 millones de años; y no a 5 mil metros de altura como puede llegar a existir hoy en día, sino al nivel del mar. Son parte de la glaciación que se conoce con el nombre de *Sturtian*, y que ya hace años se creía que podría haber sido una de las que se volvieron globales. Un equipo liderado por Francis Macdonald descubrió pruebas claras de que esta glaciación duró al menos unos 5 millones de años. Las rocas que estudiaron están actualmente en Canadá, pero hace 700 millones de años ese territorio estaba ubicado muy cerca del ecuador.

De cómo se mueven los continentes

Terremotos como los recientes de Haití,



Distribución de los continentes cerca del ecuador, tal como estaban hace cerca de 700 millones de años.

Chile o Japón son el reflejo del movimiento de las placas continentales; un movimiento lento que, a lo largo de millones de años, puede hacer que los continentes cambien de forma y de ubicación con respecto a los polos geográficos. Gracias al magnetismo y a la composición de las rocas, los geólogos pueden dar cuenta de la antigüedad que tienen y dónde estaba ubicado el polo norte magnético en aquella época. Así pudieron fechar una formación rocosa del Yukón canadiense en 716 millones de años, y localizarla en el trópico, a 10 grados de latitud norte, o sea donde hoy está la costa caribeña de Colombia o Venezuela.

Se cree que por esa época la mayoría de los continentes estaba ubicada cerca del ecuador, o en los trópicos. Esta configuración inusual podría haber precipitado el evento Bola de Nieve, según algunas teorías. Esto es porque cuando los continentes están cerca de los polos, como en la actualidad, el dióxido de carbono en la atmósfera se mantiene en concentraciones lo suficientemente altas como para mantener cálido al planeta. Cuando las temperaturas globales bajan lo necesario como para que los glaciares cubran los continentes de latitudes más altas, como por ejemplo la Antártida o Groenlandia, las placas de hielo previenen la erosión química de las rocas bajo el hielo. Esto

evita que el dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero, quede atrapado en las rocas por esa misma erosión, entonces se estabiliza en la atmósfera a un nivel lo suficientemente alto como para prevenir que las placas de hielo avancen. Pero si los continentes se ubican en los trópicos, permanecerían libres de hielos por más que el planeta se vuelva cada vez más frío y, al estar libres de hielo las rocas, el dióxido de carbono seguiría siendo atrapado y no habría freno

para que los hielos marinos crezcan y crezcan.

La vida en el hielo

Antes hablamos de que ya existía la vida compleja en nuestro mundo hace 700 millones de años. Existían lo que se conocen como *eukariotas*, organismos compuestos por una o más células eucariotas, o sea, con núcleo. Todos los seres vivos que existen en la actualidad pertenecen al dominio *Eukarya*, que luego se divide en cuatro reinos, dos de los cuales son las plantas y los animales. Pero hace 700 millones de años no existía tal distinción, sólo había seres multicelulares, pero no animales.

Las primeras evidencias de animales aparecen justo después de estas glaciaciones globales. Por eso, los científicos se preguntan qué ocurrió con la evolución de estos seres vivos durante los 5 a 10 millones de años en que el planeta pudo haber permanecido cubierto de hielo. Si bien los mares pudieron haberse congelado, desde el fondo oceánico subían gases que evitaban la congelación total del agua, y la luz solar llegaba a algunas de esas zonas. El hielo también era dinámico; se rompía con las mareas creadas por una Luna que, por aquel entonces, estaba más cerca de la Tierra, o abría parches donde existían volcanes, proporcionando así un refugio para la vida.

En teoría, se cree que durante este evento

de Tierra Bola de Nieve casi toda la vida debe haber muerto. Pero gracias a los volcanes existieron estos refugios, y también gracias a ellos fue que el planeta cambió y se quitó de encima la cobertura de hielo.

Súper invernadero

El dióxido de carbono (CO_2) liberado se acumuló a niveles récord en la atmósfera ya que, al estar todo cubierto de hielo, no había rocas ni nada que consumiera o capturara este gas. Hoy sabemos que el CO_2 es un gas que al existir en exceso produce efecto invernadero, razón por la cual en la actualidad estamos sufriendo el calentamiento global. Si hoy nos parece mucho, hace unos 600 millones de años fue peor: la Tierra pasó de ser una pelota de hielo a ser un hervidero en un período de no más de algunos siglos. Geológicamente se lo podría calificar de trepidante. Parece algo improbable, pero no lo es. Hoy tenemos ejemplos de estos extremos en nuestro Sistema Solar: Venus, con su súper efecto invernadero y temperaturas increíblemente altas; y Encelado, luna de Saturno, totalmente cubierta por el hielo, que de hecho es la que se cree podría albergar vida extraterrestre bajo aquella capa helada, como lo hizo la Tierra hace 700 millones de años. Ese frío extremo seguido del súper invernadero le produjo un estrés severo a la vida en nuestro planeta, que desde una perspectiva evolutiva no tiene por qué haber sido malo. Algunos científicos creen que estos eventos podrían haber estimulado la evolución y el origen de los animales. No se sabe con exactitud qué fue lo que causó la glaciación que llegó a cubrir todo el planeta, pero gracias a ella podría ser que algunos millones de años después se produjera una de las más grandes explosiones de vida que se vio en la historia evolutiva de la Tierra: la Explosión Cámbrica, caracterizada por un aumento de organismos multicelulares en el registro fósil, entre los que se destacaron los metazoos, los primeros animales, que luego de cientos de millones de años derivarían en ustedes que están leyendo. ■

* **Martín Cagliani** es escritor con estudios de periodismo científico, antropología, historia, guión de cine y televisión. Publica sus artículos en su sitio <http://neanderthalis.blogspot.com/>, en el diario *Página 12* y en diferentes medios de comunicación.

Campo del Cielo en el Planetario

Por Adriana Ruidíaz, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".

En nuestro Planetario se exhiben tres grandes meteoritos provenientes de Campo del Cielo: *El Tonocoté* (850 kg), un fragmento de *El Taco* (677,85 kg) y *La Perdida* (1625 kg), además de algunos fragmentos menores. Aquí, su historia.



El primer sello postal argentino en 3D, dedicado a Campo del Cielo.

En pleno monte, en el límite entre las provincias de Chaco y Santiago del Estero, se encuentra Campo del Cielo, o *Pigüem Nonraltá*, como lo llamaban los habitantes originarios. Numerosos cráteres y fragmentos metálicos son las huellas de un acontecimiento excepcional, ocurrido hace aproximadamente 4000 años: un meteoritoide, de un peso estimado en 800 toneladas, estalló en su entrada a la atmósfera terrestre y se fragmentó en múltiples bloques. Esto originó uno de los mayores campos de impacto de meteoritos conocidos en la Tierra. Pese a su valor como patrimonio científico, histórico y cultural, el área no cuenta con la protec-

ción adecuada. El gobierno del Chaco dictó varias leyes para su preservación y creó el Parque Provincial Pigüem N° Onaxa, aunque estas medidas resultan insuficientes para evitar el tráfico ilegal.

El hierro del Chaco

El Gran Chaco, una vasta planicie de más de un millón de km², abarca parte de Bolivia, Paraguay, Brasil y el noreste de Argentina. Se caracteriza por su gran diversidad biológica y cultural. Hace 5000 años estaba habitada por pueblos de cazadores-recolectores nómades, provenientes de la región pampeana, que al asentarse en el área se fueron adaptando a las condiciones ambientales y a los recursos na-

turales. Estos antiguos pobladores, pertenecientes a las etnias Quom, Mocoví, Abipón, Pilagá, Mbayá, Payguá y otras, fueron tal vez testigos de la caída de los meteoritos de Campo del Cielo. La espectacular entrada en la atmósfera, acompañada de truenos y estelas de luz, y los incendios posteriores en el monte, difícilmente hayan pasado desapercibidos para ellos.

No es fácil encontrar fuentes fidedignas, pero algunos relatos dan cuenta de una sucesión de hechos que podrían ser interpretados como una descripción de la caída de los meteoritos y sus consecuencias: objetos encendidos que caen del cielo, grandes incendios seguidos de un

Los cráteres de Campo del Cielo no son como los que vemos en la Luna. En la Tierra, la erosión y el depósito de sedimentos alteran las estructuras y dimensiones originales.

En la actualidad no caben dudas acerca del origen de los fragmentos metálicos dispersos en Campo del Cielo, pero a fines del siglo XVIII su existencia era un verdadero misterio.

período de oscuridad y frío. Los nombres con los que se designaba la zona, *Piguen Nonralitá* y *Otumpa*, en lenguas del tronco Guaycurú que se traducen como “Campo del Cielo”, son más que sugestivos.

En tiempos de la colonización española, relatos acerca de la existencia de una gran masa de hierro en el Gran Chaco, despertaron el interés de las autoridades virreinales, ya que este metal, imprescindible para la fabricación de armas y herramientas, debía ser traído de España. En 1576, el capitán Hernán Mexía de Miraval partió junto a ocho soldados desde Santiago del Estero, la ciudad más antigua de Argentina, y luego de muchas dificultades, lograron encontrar un gran “*peñol (saliente) de hierro*”, del que tomaron muestras. Por algún motivo, el hierro del Chaco quedó en el olvido durante dos siglos, hasta que rumores de la existencia de una mina de plata reavivaron el interés

por las exploraciones. En 1774, Bartolomé Francisco de Maguna halló un enorme planchón de metal al que, por su peculiar forma, llamó “Mesón de Fierro”. Su peso fue estimado en 23 toneladas y las muestras extraídas fueron equivocadamente identificadas como plata. Dos años más tarde, nuevas muestras permitieron determinar que se trataba de “*fierro de muy particular calidad*”.

En 1783, una expedición comandada por el Teniente de Fragata Miguel Rubin de Celis, intentó constatar si se trataba de un afloramiento o de una masa aislada. Excavaron y colocaron explosivos para intentar retirarlo de su sitio. Producto de estas maniobras, el “Mesón de Fierro” quedó sepultado y nunca más se lo encontró.

Heavy Metal

En el siglo XIX, las expediciones en busca del gran bloque de hierro continuaron sin éxito. En cambio, en 1803, Diego Bravo de Rueda halló una pieza metálica de casi una tonelada, en el paraje de Runa Pocito; y en 1804, Fernando Rojas encontró un trozo de hierro similar a un gran tronco de quebracho. En la segunda mitad del siglo se enviaron a la zona expediciones militares que tenían como objetivo principal el dominio del territorio. Sin embargo, no dejaron de buscar el mítico “Mesón de Fierro”. Aunque nadie pudo encontrarlo, se comenzaron a descubrir otros fragmentos de hierro de diversos tamaños. Esto, junto con testimonios de indios nómades y otros pobladores de la zona, permitió llegar a la conclusión de que la región había sufrido el impacto de numerosos meteoritos.

En la actualidad no caben dudas acerca del origen de los fragmentos metálicos dispersos en Campo del Cielo, pero a fines del siglo XVIII su existencia era un verdadero misterio. Rubin de Celis, intrigado por el aspecto esponjoso del “Mesón de



Meteorito La Perdida.

Fierro”, supuso que había sido arrojado allí por algún volcán de la cordillera. Por esos años, aunque ya se habían observado caídas de meteoritos en Europa y se había podido recoger muestras del material, los científicos no reconocían la posibilidad de que pudieran “*caer piedras del cielo*”.

En 1794 comenzó a especularse con el origen extraterrestre de estos objetos. El físico alemán Ernst Chladni (más conocido por sus trabajos sobre acústica) fue el primero en asegurarlo, gracias al análisis de las caídas registradas y al estudio de varios fragmentos, entre ellos, uno procedente de Campo del Cielo. Su trabajo no fue aceptado por la Academia de Ciencias de París, principal institución científica del momento, pero en 1803 Jean Baptiste Biot aportó pruebas que apoyaban la teoría de Chladni. Basó sus afirmaciones en el estudio minucioso de la composición y distribución de los más de 3000 fragmentos en los que se partió un meteorito, cuya caída se observó en la ciudad francesa de L'Aigle. En el mismo año, Edward Howard había presentado ante la *Royal Society* de Londres un análisis químico de fragmentos de Campo del Cielo en el que sugería que podría tratarse de un meteorito. En estas tierras, Manuel Moreno, hermano de Mariano y uno de los intelectuales de la Revolución de Mayo, parece haber sido el primero en reconocer que el hierro del Chaco se trataba de “*piedras meteóricas de diferentes magnitudes*”, tal como lo publicó en 1922 en *La Abeja Argentina*, el ór-

Clasificación

Los meteoritos se clasifican, a grandes rasgos, en metálicos, rocosos y rocoso-metálicos; y más detalladamente, en base a criterios como distribución de minerales, tamaño del grano y abundancia de elementos como hierro, níquel, calcio o magnesio. Los de Campo del Cielo son metálicos, también llamados sideritos; más específicamente, octaedritas tipo IAB, con estructura de Widmanstätten: un complejo cristalino en el que se entrecruzan bandas de taenita, rica en níquel, y kamacita, pobre en níquel. Están compuestos aproximadamente por un 93% de hierro y 6% de níquel, y su característica distintiva son sus incrustaciones ricas en silicatos y grafito.

gano de comunicación de la Sociedad de Ciencias Físico-Matemáticas de Buenos Aires.

Los primeros estudios

El primer trabajo para estudiar científicamente los meteoritos de Campo del Cielo fue realizado por el geólogo argentino Juan José Nágera, de la Dirección General de Minas e Hidrología, en 1923. A medida que la zona se iba poblando, comenzaron a registrarse cada vez más hallazgos. Muchas de las piezas descubiertas fueron donadas a diferentes museos, algunas quedaron en manos privadas y comenzó a discutirse la legislación acerca de la propiedad de los meteoritos. A mediados del siglo XX, en el comienzo de la carrera espacial, los meteoritos representaban la única forma de contacto con elementos de procedencia extraterrestre. El estudio de los cráteres meteoríticos en la Tierra se convertía en un modo de comprender los impactos dejados en la Luna y en algunos planetas. Con sus numerosos cráteres, Campo del Cielo conformaba un laboratorio natural ideal para ese

tipo de estudios. Otros sitios así se encuentran en Henbury, Australia Central; Sikhote Alin, Siberia; y en la meseta de Yilf Kebir, en Egipto. Entre 1962 y 1972, un equipo de investigadores argentinos y estadounidenses, en un programa conjunto entre el Servicio de Hidrografía Naval y el *Lamont Geological Observatory*, de la Universidad de Columbia, encabezado por William Cassidy, completó el trabajo de Nágera. Por primera vez se utilizaron magnetómetros, detectores de metales y equipos para extracción de muestras estratigráficas, y se sumaron 16 nuevos cráteres a los 4 ya estudiados. A partir de 1986, la Asociación Chaqueña de Astronomía continuó los relevamientos e incorporó nueva tecnología, como la tele-detección satelital. Se estudiaron 6 nuevos cráteres y, desde 2005, con el apoyo de la NASA, se realizaron campañas que permitieron encontrar nuevos meteoritos, algunos de más de 10 toneladas de peso. La concentración de material es tan grande que, a pesar de la depredación por parte de recolectores clandestinos y de la alteración del área por actividades agropecuarias y desmonte desmedido, se siguen registrando hallazgos.

Antiguos tesoros del espacio exterior

Cada año la superficie de la Tierra es alcanzada por 50.000 a 200.000 toneladas de polvo

cósmico y meteoritos de diversos tamaños, que ingresan a la atmósfera a velocidades de entre 12 y 72 km/seg. Los fragmentos que se consumen debido a la fricción se denominan **meteoros**; son las llamadas “estrellas fugaces”. Los **meteoritos** son los que logran impactar el suelo. Unos pocos provienen de antiguos impactos en la Luna o Marte, que levantaron la corteza y, con el tiempo, llegaron a la Tierra atraídos por su gravedad. La mayoría son partes pequeñas de objetos mayores del Cinturón de Asteroides. Son muy valiosos para la ciencia, ya que nos permiten ponernos en contacto con material proveniente del espacio exterior e indagar acerca de los orígenes del Sistema Solar.

Las pruebas del hecho

En la Tierra, los cráteres de impacto de meteoritos no permanecen inalterados como en la Luna. Procesos de erosión y depósito de sedimentos, a lo largo del tiempo, alteran su estructura y dimensiones originales. En Campo del Cielo se ha confirmado la existencia de al



Meteorito El Taco.

Planetario "Galileo Galilei".



Meteorito El Tonocoté.

Planetario "Galileo Galilei".

Los viajes de El Taco

En 1962, un equipo de investigadores argentinos y norteamericanos, con la ayuda de pobladores del lugar, recorrió Campo del Cielo para estudiar cráteres y meteoritos. Para la misma época, don Lázaro Melovich se topó, una vez más, con algo metálico mientras trabajaba con su arado en la Estancia *El Rosario*, en Santiago del Estero. Este objeto resultó ser un meteorito, bautizado *El Taco* y destinado a ser estudiado en el *Smithsonian Museum*, en Estados Unidos.

Allí comenzó el periplo de este meteorito, después de haber permanecido enterrado durante miles de años. Fue trasladado en camión hasta Gancedo, a 15 km del lugar del hallazgo. Desde allí, *El Taco* siguió su viaje en el Ferrocarril Belgrano hasta Buenos Aires. La siguiente etapa, en barco hasta el *Lamont Observatory*, en Palisades, Nueva York; y luego al *Smithsonian Museum*, en Washington. El proyecto de los investigadores norteamericanos era hacer un calco para preservar la forma original, cortarlo en dos bloques

y dejar dos lonjas para ser analizadas. Los bloques serían exhibidos en el museo, mientras que se planeaba devolver una de las lonjas para ser exhibida en nuestro país. Sin embargo, el gobierno argentino reclamó una de las mitades y no sólo una fracción.

El 28 de junio de 1965 *El Taco* emprendió un nuevo viaje, esta vez en barco, hasta el Instituto *Max Plank* en Mainz, Alemania, donde se lo pulió con arena, se lo pesó con precisión (1998 kg) y se lo cortó. Salvo las virutas (268 kg), el resto del material (los dos bloques mayores, de 895,80 kg y 677,85 kg; y las dos lonjas, de 73,25 kg y 65,90 kg) se envió nuevamente a Estados Unidos. Desde allí, una de las mitades regresó a la Argentina en junio de 1967. El destino de este meteorito era el Museo de Mineralogía y Geología de Buenos Aires, donde permaneció hasta su cierre, en 1972, año en que pasó en calidad de préstamo al Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, donde es exhibido junto con *El Tonocoté* y *La Perdida*.

Principales meteoritos descubiertos en Campo del Cielo			
Meteorito	Peso	Descubrimiento	Sitio de exhibición
Mesón de Fierro	23 ton	1576, Expedición de Miraval.	Perdido desde 1783, probablemente <i>in situ</i> .
El Abipón	460 kg	1936	Museo Arg. Ciencias Naturales (Bs. As.).
El Chaco	37.400 kg	Por Raúl Gómez en los años '60. Cráter de penetración N° 10, Colonia La Tota, Chaco. Desenterrado en 1980 por Cassidy.	Gancedo, Chaco. Exhibido <i>in situ</i> .
El Mataco	998 kg	1937	Museo Provincial Dr. J. Marc (Rosario, Sta. Fe).
El Mocoví	732 kg	Por el hachero Arturo Medina en 1925, en Colonia San Luis.	Museo Arg. Ciencias Naturales (Bs. As.).
El Patio	350 kg	Hallado antes de 1960.	Estancia El Taco (Chaco).
El Taco	1998 kg	Por Lázar Melovich en 1962 en Estancia El Rosario (S. del Estero). Se hallaron otros fragmentos en el cráter. Total: 3090 kg.	Parte en el Planetario de Bs. As. y parte en el <i>Smithsonian Institution</i> (Washington).
El Toba	4210 kg	En 1923 por el hachero Manuel Costilla en Estancia El Rosario.	Museo Arg. Ciencias Naturales (Bs. As.).
El Tonocoté	850 kg	Hallado en 1931.	Planetario de Buenos Aires.
La Perdida 1	1625 kg	Por Cassidy en 1967 en el cráter La Perdida (cráter N° 9), en el Dto. 12 de Octubre (Chaco).	Planetario de Buenos Aires.
La Perdida 2 o Las Víboras	3120 kg	Por Cassidy en 1967 en La Perdida, Dto. 12 de Octubre (Chaco).	Facultad de Humanidades de la UNNE, Resistencia, Chaco.
Otumpa o Runa Pocito	750 kg	1803, expedición de Diego de Rueda.	<i>British Museum</i> , Londres.
Taño II	3900 kg	1998	El meteorito fue robado en 2003.
La Sorpresa	14.980 kg	2005, por Cassidy.	<i>In situ</i> .
El Hacha	2,5 kg	1924, en Gancedo, Chaco.	Museo Arg. Ciencias Naturales (Bs. As.).

menos 20 cráteres, en un área elíptica comprendida entre los paralelos 27° 30' y 27° 40' Sur, y los meridianos 61° 30' y 61° 50' Oeste, de aproximadamente 18 km de largo por 4 km de ancho. Los cráteres de mayor tamaño se disponen en el centro de la elipse, y la superficie total afectada podría ser mucho mayor. Hay distintos tipos de cráteres: de explosión, de penetración y de impacto y rebote. Cada uno proporciona información acerca de la forma en que los meteoritos impactaron el suelo. Las únicas variables son el tamaño y el ángulo de caída de los fragmentos, ya que la composición del suelo es relativamente homogénea. Muchos de los cráteres son de forma elongada y siguen el eje del campo de impactos. El estudio de los cráteres y los fragmentos meteoríticos permite elaborar modelos que, mediante ensayos, comparaciones, cálculo y un poco de especulación, intentan reconstruir lo que ocurrió allí hace 4000 años. La disposición de los cráteres en un área de forma tan alargada sugiere que el meteorito ingresó en la atmósfera desde el sudoeste con un ángulo llamativamente muy bajo. Esta observación es apoyada por las excavaciones y reconstrucción de la forma original de al-

gunos de los cráteres, en los que se pudo calcular con precisión la trayectoria y la velocidad del objeto que los originó. El ángulo de entrada se calculó así en unos 9° respecto a la superficie terrestre. El gran cuerpo metálico se partió al entrar en la atmósfera debido a la presión ejercida por el aire al comprimirse por su empuje. Su fragmentación pudo haber sido favorecida por las inclusiones de silicatos que generan líneas de fractura. Para poder calcular la masa original del meteorito, antes de su entrada en la atmósfera terrestre, es necesario considerar la masa total de los fragmentos recuperados, más la masa necesaria estimada para producir los cráteres conocidos; y tener en cuenta, además, que es imposible recuperar la totalidad de los fragmentos pequeños; y que posiblemente existan cráteres y meteoritos aún sin descubrir. Se calcula que la suma total del material es de 300.000 kg. Al ingresar en la atmósfera los meteoroides se calientan por la fricción, su superficie se derrite y pierden masa por un fenómeno denominado ablación. Éste es otro factor que debe ser incluido en el cálculo final, que arroja un valor de entre 600.000 y 800.000 kg. Muchos de los meteoritos de Campo del

Cielo, incluyendo *El Chaco*, de más de 37 toneladas y uno de los más grandes del mundo, se encuentran en el lugar donde fueron encontrados. Otros se exhiben en diversos museos de nuestro país, para disfrute de quienes no tienen oportunidad de observarlos *in situ*. Sus nombres: *El Mocoví*, *El Toba*, *El Abipón*, *El Mataco*, evocan los nombres de pueblos que habitaron el Gran Chaco, que bautizaron con el nombre de *Piguem Nonraltá* el área que luego se llamaría Campo del Cielo, y que tal vez fueron testigos, hace 4000 años, de ese hecho increíble de ver caer del cielo grandes piedras que incendiaban el monte. ■

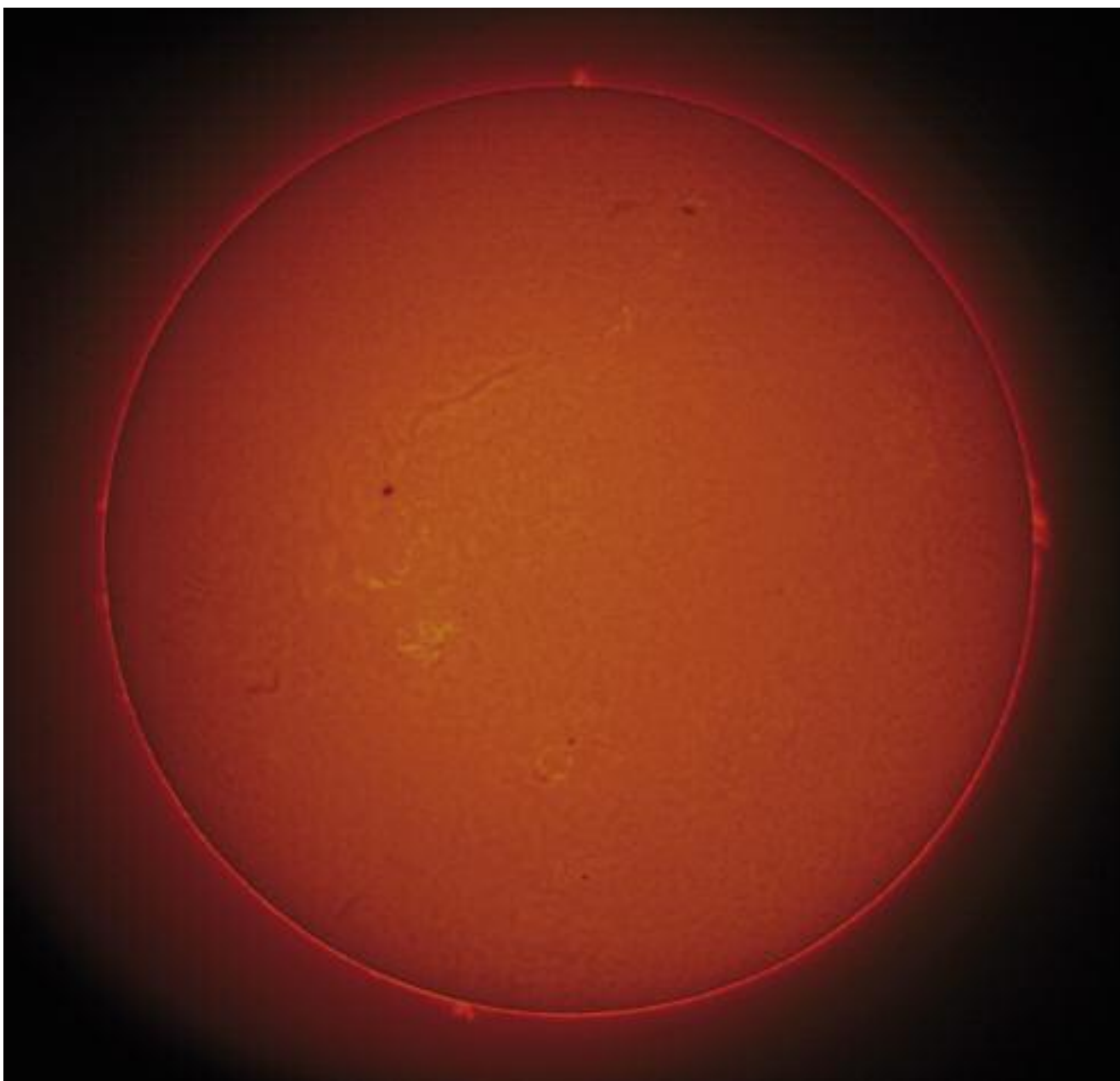
Bibliografía
Comparison of four meteorite penetration funnels in the Campo del Cielo crater field, Argentina. Mario A. Vesconi, Shawn P. Wright, Mauro Spagnuolo, Robert Jacob, Carlos Cerrutti, Luciana García, Evangelina Fernández, William A. Cassidy. 2011 - *Meteoritics & Planetary Science*, Vol. 46, N° 7: 935-949. *Discovering research value in the Campo del Cielo, Argentina, meteorite craters.* Cassidy, W. A. & Renard, M. L. 1996 - *Meteoritics & Planetary Science* 31: 433-448. *The Campo del Cielo Meteorite Vol. I El Taco.* Faivovich, G. y Goldberg, N. 2010 - *DOCUMENTA* (13). <http://www.campodelcielo.com.ar/index.html> - Asociación Chaqueña de Astronomía - Campo del Cielo.

OBSERVACIONES Y FOTOGRAFÍAS DEL SOL REALIZADAS DESDE EL PLANETARIO

Furia roja

Nuestra estrella es el escenario de toda una serie de variados y espectaculares fenómenos: desde manchas solares y fáculas, hasta largos y serpenteantes filamentos, poderosos flares, elegantes y monumentales protuberancias, o las aún más impresionantes eyecciones de masa coronaria. Fenómenos que, en su conjunto, definen lo que llamamos actividad solar, que alcanza su máximo cada 11 años, aproximadamente. En esta segunda edición de **Si Muove** les dedicamos las páginas centrales a los curiosos avatares del Sol.

Mariano Ribas, Planetario "Galileo Galilei".





El Sol visible: manchas y fáculas

Las manchas son los fenómenos solares más fácilmente observables. Estas regiones oscuras y más “frías” de la fotosfera (la “cara visible” del Sol), asociadas a campos magnéticos localmente intensos, contrastan con las más sutiles fáculas, que son zonas más brillantes y calientes. Unas y otras alcanzan tamaños de decenas y hasta cientos de miles de kilómetros. Aquí les presentamos algunas imágenes de manchas solares, tomadas con uno de los telescopios del Planetario “Galileo Galilei”, equipado con un filtro solar y un filtro amarillo, para dar mayor contraste a los detalles.



Observación con telescopio H-Alpha desde el Planetario “Galileo Galilei”.

H-Alpha: el Sol al rojo vivo

Los telescopios comunes no permiten contemplar al Sol como un astro “vivo”, que suele parecer estático e inmutable. Los fenómenos solares más interesantes, ya sea por su dinámica, velocidad de cambio o por su belleza y espectacularidad, no pueden verse en forma convencional. Para observar las prominencias, los filamentos, los flares y hasta las impresionantes –aunque menos frecuentes– eyecciones de masa coronaria, hacen falta instrumentos capaces de “filtrar” la brillantísima luminosidad de la fotosfera, para revelar la región donde esos fenómenos ocurren: la cromósfera solar. Se trata de una fina capa de gas caliente, de 400 km de espesor, ubicada por encima de la fotosfera. La cromósfera está formada principalmente por átomos de hidrógeno excitado. Esos átomos emiten luz en una longitud de onda muy especí-

fica: la de 656,28 nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9}$ metros, es decir, una millonésima de milímetro), situada en la parte roja del espectro visible. Esa luz roja se denomina H-Alpha, llamada así por ser la luz de mayor energía emitida por los átomos de hidrógeno excitado¹.

Telescopios H-Alpha

Los telescopios comunes no pueden ver al Sol en luz H-Alpha. Pero los llamados telescopios H-Alpha sí pueden: están equipados con una serie de filtros internos que, justamente, filtran todo el resto de la luz solar y dejan pasar tan sólo esa delgadísima “lámina” de luz roja. De esa manera, la imagen de nuestra estrella es auténticamente impresionante. Y “viva”. En cuestión de horas –y a veces, minutos– podemos ver prominencias que se elevan decenas de miles de kilómetros sobre el limbo solar; enormes lenguas de gas caliente que, “esculpidas” por poder-

rosos campos magnéticos, erupcionan, cambian de forma, brillo y tamaño. También es habitual observar finos y oscuros filamentos, de cientos de miles de kilómetros de largo, que no son otra cosa que la silueta de prominencias recortadas contra el fondo del disco solar. O zonas muy brillantes, donde a veces se producen los llamados flares; poderosos estallidos que liberan energía en regiones de fuertes campos magnéticos concentrados. Un impresionante panorama que, en parte, tratamos de reflejar con estas fotografías, tomadas con una cámara digital acoplada a un pequeño telescopio H-Alpha de 40 mm de diámetro: el *Personal Solar Telescope* (PST) de la firma especializada *Coronado*. Una vez obtenidas las fotos, las hacemos pasar por un lento y meticuloso procesado (utilizamos principalmente el conocido *software Adobe Photoshop*) que nos permite resaltar detalles y estructuras. Aquí están los resultados: un Sol “vivo”, ardiente y dinámico. La versión H-Alpha de nuestra estrella. Pura “furia roja”.

¹ Es aquel que posee un electrón, que en lugar de estar en el nivel más bajo de energía, está ubicado en un nivel superior, producto de haber recibido energía “extra” a través de su interacción con un fotón.



Escuela de Museología de las Ciencias. La Punta, San Luis – 2011.

En el mes de agosto, el Planetario “Galileo Galilei” participó de la 2° Escuela Argentina de Museología de las Ciencias, que reúne a los museos y centros de ciencias de nuestro país. La reunión se organizó con el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Universidad Provincial de La Punta, de Puerto Ciencia-UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos) y de la Escuela Latinoamericana de Museología de las Ciencias (Universidad Nacional de Colombia). Participaron expertos a nivel nacional y del exterior, quienes disertaron acerca de la temática del encuentro: “Impacto en las Actividades Educativas de los Museos de Ciencia y Tecnología en las Escuelas”. Además, cada institución expuso sus actividades, intercambió experiencias y se planificaron acciones futuras en forma conjunta. Allí, nuestro Planetario presentó “El Museo del Planetario. Un espacio para la divulgación”. Además, se realizó la reunión plenaria de la AACEMUCYT (Asociación Argentina de Centros de Ciencia y Tecnología). Se redactó el estatuto que fue firmado por los socios fundadores, entre ellos, el Planetario de Buenos Aires, y se eligieron las autoridades. La próxima reunión se realizará en el Instituto Balseiro de San Carlos de Bariloche. De manera simultánea se desarrolló el II Festival de Teatro y Ciencia, donde compañías nacionales y latinoamericanas presentaron sus obras de divulgación. El viaje fue enriquecedor en todo sentido, no sólo por los aprendizajes sino también por las relaciones con profesionales de otros museos. La experiencia permitió seguir posicionando al Planetario como referente en la divulgación científica.

Graciela Cacace, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.



La Luna en vivo desde el Planetario

El sábado 3 de septiembre realizamos una experiencia de divulgación científica inédita en la Ciudad de Buenos Aires: una pantalla gigante mostró “en vivo” la imagen de la superficie de la Luna, tomada con un poderoso telescopio, como si fuéramos astronautas asomados a la escotilla de una cápsula espacial. Junto a la pantalla, a modo de “viaje en etapas”, se instalaron varios telescopios con aumentos cada vez mayores, para ver en forma directa a nuestro satélite. La Luna en vivo desde el Planetario fue una verdadera fiesta astronómica, un evento público y gratuito al que asistieron unas 900 personas, y que repetimos con las mismas características en la noche del 1° de octubre.



50 AÑOS DE LAS PRIMERAS FOTOS DESDE EL ESPACIO

Retratos de la Tierra

Por Graciela Cacace, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.

Desde la década del '60, la fotografía forma parte de todas las misiones espaciales. En la actualidad, las mejores imágenes no son tomadas por los astronautas, sino por los satélites. Los datos extraídos a través de sensores multispectrales proveen información valiosa que enriquece el campo de la investigación.

Un poco de historia

El 12 de abril de 1961, el soviético Yuri Gagarin se convirtió en el primer ser humano en viajar al espacio, en un vuelo orbital de 108 minutos alrededor de la Tierra en la nave *Vostok 1*. Gagarin tuvo el privilegio de ser el primero en contemplar la Tierra, a través de la ventana de su cápsula, desde donde nunca nadie había estado antes. “*He visto a la Tierra desde lo alto*”, afirmó eufórico al regresar.

Pero fue su compatriota Guerman Titov quien obtuvo las primeras imágenes de nuestro planeta y pudo compartirlas con quienes quedaron en la superficie. Despegó el 6 de agosto de 1961 en la *Vostok 2* y, aunque su misión superó ampliamente en muchos aspectos a la de Gagarin, no ha tenido el mismo reconocimiento. Con una cámara de cine *Konvas Avtomat* al hombro, durante las 17 vueltas que dio a nuestro planeta en unas



25 horas, obtuvo tres históricas imágenes que muestran un planeta Tierra cubierto de nubes blancas sobre un fondo negro, un tímido amanecer y una imagen de la ventanilla de la nave.

Desde Titov, la fotografía forma parte de todas las misiones espaciales. Hoy la imagen de la Tierra como un planeta azul nos resulta muy familiar. Pero hubo que esperar hasta 1972 para que los tri-



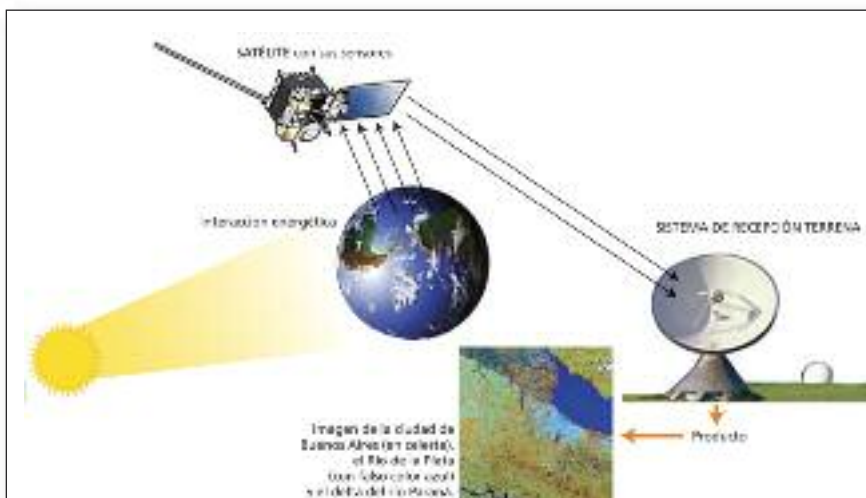
Las primeras fotos de la Tierra. Arriba, la Tierra “completa” desde el Apolo 17, en 1972. A la izquierda, la primera imagen que tomó Titov desde la Vostok 2 en 1961.

pulantes del *Apolo 17*, los últimos en pisar la Luna, fotografiarían por primera vez a nuestro planeta “completo”. Desde ese momento, cambió para siempre la perspectiva de análisis de la Tierra. **Los científicos comenzaron a verla como un todo donde agua, aire, rocas y vida interactúan permanentemente.**

En la actualidad, las mejores imágenes ya no las toman los tripulantes de las naves rusas Soyuz, de los transbordadores estadounidenses (ya fuera de servicio) ni de la Estación Espacial Internacional, sino que son obtenidas por los satélites que orbitan a la Tierra y por las sondas interplanetarias. En materia de espacio, la década del '70 fue muy fructífera. El 23 de julio de 1972, Estados Unidos lanzó el primer satélite de la Serie ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*), conocido como LANDSAT¹. Si bien hubo otros lanzamientos anteriores, los LANDSAT son los que realmente despertaron interés en la comunidad científica. La posibilidad de fotografiar la Tierra desde el espacio permitió obtener mucha más información. El horizonte se amplió y la visión del planeta, también.

Imágenes satelitales

La innovación tecnológica vertiginosa permite enriquecer día a día el conocimiento de nuestro planeta y de sus habitantes, así como mejorar la gestión de los recursos naturales. En este campo se desarrollan diferentes programas espaciales, tales como LANDSAT, SPOT, RADARSAT, entre otros. Los datos extraídos de las imágenes a través de sensores multispectrales, adecuadamente procesados e interpretados, proveen información valiosa y de calidad que enriquece el campo de la investigación, así como la toma de decisiones. Los sensores montados en satélites tienen la capacidad de ver no sólo lo visible sino también lo invisible al ojo humano. Las imágenes pueden informar sobre contaminación, sequías, inundaciones, incendios forestales, el aspecto del paisaje y la producción agropecuaria. Para que la observación remota sea posible, es preciso que entre los sensores instalados en los satélites y la superficie de la Tierra, exista una interacción energética en la que interviene, como fuente de



La Teledetección es un verdadero sistema que incluye:

- Una fuente de energía, que generalmente es el Sol.
- La cubierta terrestre, que incluye la vegetación, el suelo, el agua, las construcciones y las ciudades.
- El sistema sensor, que está compuesto por los sensores y su plataforma. Juntos integran un satélite.
- El sistema de recepción y comercialización.
- El o los intérpretes, que convierten los datos en información temática, visual o digital.
- El usuario final.

iluminación, el Sol. Los sensores detectan las variaciones de radiación emitida o reflejada por las distintas cubiertas terrestres: bosques, montañas, mares, ríos y construcciones. Esa energía es retransmitida a través de la atmósfera y recibida por el sensor, donde se graba, se codifica o se transmite al sistema de recepción terrena, y se almacena para su posterior interpretación. Cada sensor capta en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético del Sol: visible, infrarrojo, ultravioleta, ondas de radio, rayos gamma y microondas. De esta manera, se genera una enorme cantidad de información que proporciona una nueva forma de estudiar la superficie del planeta Tierra.

Los sensores remotos electrónicos generan una señal eléctrica que corresponde a las variaciones de energía en la escena original, y brinda representaciones digitales de la Tierra en sistema binario, es decir, con 0 y 1. Una imagen satelital es, por lo tanto, una representación digital² de un sector de la superficie de la Tierra, y se necesita una computadora para analizarla e interpretarla. La imagen satelital parece ser una fotografía, pero es en realidad una matriz de píxeles. El píxel (del inglés: *picture element*) es la unidad más pequeña o mínima de información de una imagen digital. Por eso, las matrices son sólo números que pueden formar imágenes en la

pantalla de una computadora a través de algún *software*. Los píxeles proporcionan la información que compone la imagen; sus valores representan un promedio de la radiancia o energía reflejada por esa porción del terreno. Si nos acercamos mucho con un zoom, se ven los píxeles.

Las imágenes digitales contienen valores entre 0 y 255, que se corresponde exactamente con la capacidad de 1 byte³. Esos valores digitales pueden convertirse en intensidades de energía reflejada por las diferentes cubiertas de una superficie (tonos), y generan un producto casi fotográfico que puede interpretarse visualmente. Un píxel con un valor 0 se ve negro; uno con un valor 255 se ve blanco; y entre ambos se da una variedad de grises que depende de los elementos de la superficie terrestre.

Pero el ojo humano es más sensible a las variaciones cromáticas que a las variaciones de tonos; por lo tanto, para una mejor interpretación de las imágenes se puede recurrir al color. La mezcla de bandas del espectro aumenta la cantidad de información y el color es un elemento básico de la interpretación visual. Nuestros ojos perciben el rango espectral entre 0,38 μm y 0,72 μm (micrones), y separan la energía recibida en tres componentes: azul, verde y rojo (AVR)⁴, que son los colores primarios en la luz. A partir de ellos, de sus combinaciones y de filtros, se obtienen los colores de las imágenes satelitales.



Imagen de un sector de la ciudad de Buenos Aires tomada por el satélite Quick Bird (Google Earth-Digitalglobe).

1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1

MATRIZ

Teledetección

La percepción de un objeto a distancia es conocida como teledetección⁵. Hoy podríamos definirla como el proceso técnico que permite obtener una imagen de la superficie terrestre desde el espacio a través de sensores, para luego codificarla, tratarla e interpretarla en el contexto de una determinada aplicación. La teledetección tiene como finalidad identificar y caracterizar los elementos y los proce-

sos de la superficie terrestre, el espacio geográfico y sus recursos. Las imágenes satelitales pueden manipularse constantemente, y es posible añadir, restar, multiplicar y dividir grandes matrices de datos. Esta técnica se llama procesamiento digital de imágenes. Con ella se obtienen documentos que representan y recrean la realidad geográfica. Cada píxel de una imagen está georreferenciado, es decir, posee las coordenadas geográficas que le otorgan una localización única. En la actualidad, este tipo de datos es una fuente cartográfica esencial. Durante mucho tiempo, los mapas se basaron en trabajos de campo y en fotografías aéreas. Hoy los mapas son digitales;



(255) Blanco - (0) Negro

PÍXEL

Cada píxel tiene un valor digital que se convierte en intensidad de luz y genera la imagen.

170	238	85	255	221	0
68	136	170	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

sus valores pueden ser interpolados y sensiblemente modificados. La teledetección y el procesamiento digital de imágenes son técnicas que ayudan a obtener una cartografía mucho más precisa y actualizada.

Y todo recién empieza

Hace medio siglo que la humanidad surca el espacio explorando lo desconocido. Titov fue el primer fotógrafo espacial. Gracias a su trabajo, descubrimos una nueva perspectiva de análisis del planeta que habitamos. En todo este tiempo el espacio y la llamada *Era Espacial* se transformaron en motor de desarrollo científico y tecnológico imprescindible para nuestra sociedad. En nuestros días, el espacio está dejando de ser sólo un lugar dedicado a la investigación científica, pues las grandes compañías ven en él un nuevo mercado a punto de emerger. Un lugar de viajes exóticos con vistas impactantes y nuevas sensaciones. ¿Hasta dónde llegaremos? Eso sólo el

FCC AVR 354 o RGB 453
Falso color compuesto



FCCS AVR 234 o RGB 432
Falso color compuesto estándar



CN AVR 123 o RGB 321
Color natural



Imagen LANDSAT de un sector de la provincia de San Luis que muestra áreas de cultivo con riego por aspersión, que determina campos en forma circular.

tiempo lo dirá. Mientras tanto, celebremos los logros hasta aquí alcanzados. ■

- 1 La serie de satélites LANDSAT y el año de su lanzamiento: LANDSAT 1: 1972 – LANDSAT 2: 1975. LANDSAT 3: 1978 - LANDSAT 4: 1982 - LANDSAT 5: 1985 - LANDSAT 6: 1993. Lanzamiento fallido - LANDSAT 7: 1999 (aún en servicio).
- 2 Digitalizar es transformar en dígitos, es decir, en números.
- 3 Un bit está formado por 0 ó 1. Un byte son 8 bits, cuyas combinatorias posibles entre 0 y 1 tienen 256 posibilidades, que se traducen en valores digitales entre 0 y 255, visibles en una imagen satelital.
- 4 Azul, Verde y Rojo (AVR). En inglés se conocen como RGB (Red, Green, Blue).
- 5 Teledetección, o telepercepción, o teleobservación, o *remote sensing* en inglés (sensores remotos), o *télé-détection* en francés.



FOTO DE TAPA

La Vía Láctea y los árboles

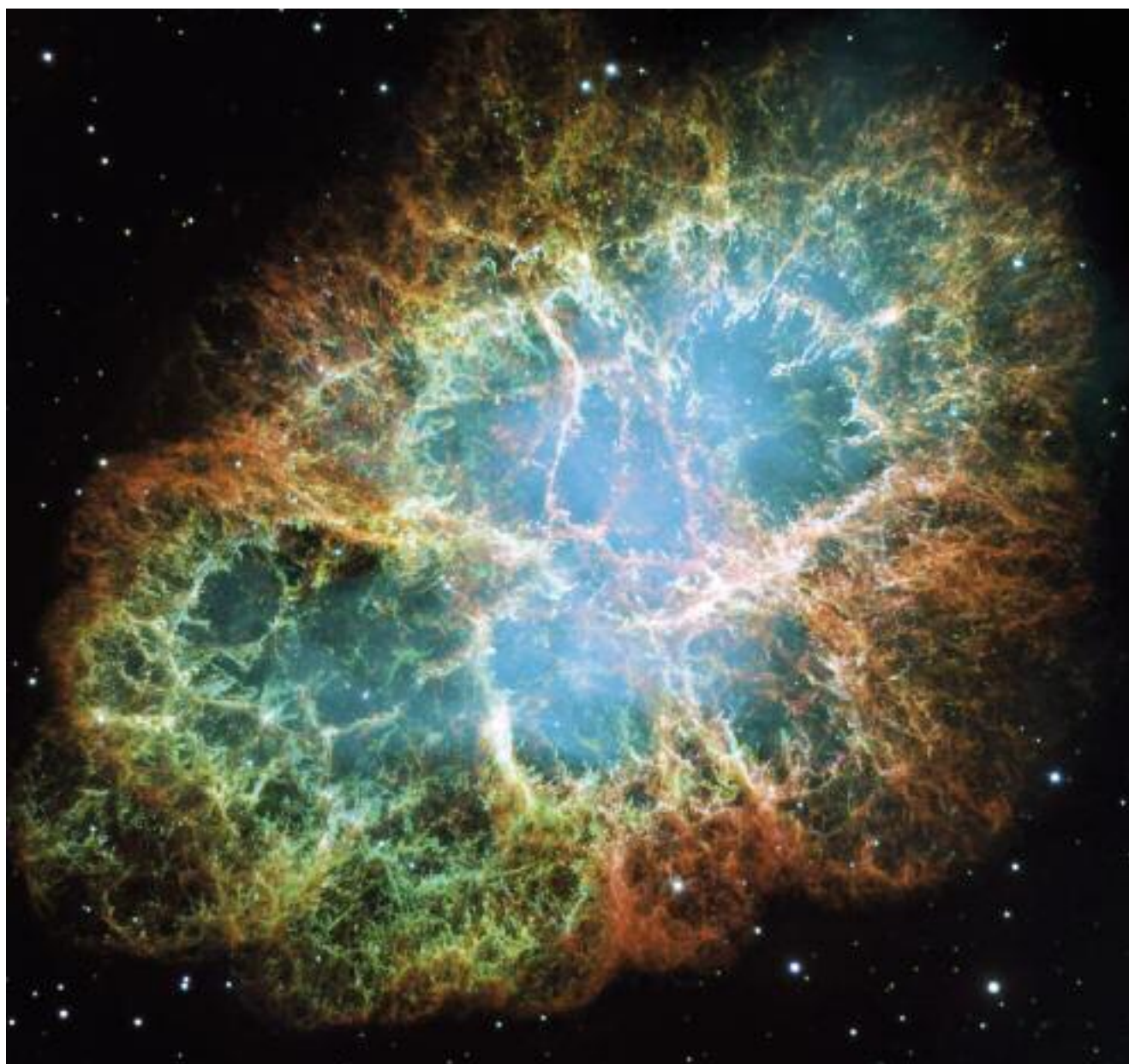
Los oscuros y transparentes cielos serranos son ideales para contemplar a nuestra galaxia en toda su gloria. En la foto que ocupa la tapa de esta edición de **Si Muove**, la Vía Láctea parece recostarse sobre dos viejos árboles. Y recorre, en diagonal, unos 60 grados en el firmamento: desde la constelación de Escorpio y buena parte del centro galáctico (incluyendo al cúmulo estelar M7, que es la manchita que asoma sobre las sierras), hasta la emblemática Cruz del Sur, junto al Saco de Carbón (una famosa nebulosa oscura), en la parte superior derecha. La foto fue tomada el 15 de febrero de 2011 a las 03:42 hs, en la pequeña localidad de Las Rabonas, provincia de Córdoba, Argentina. Se utilizó una cámara réflex digital Canon 450D, montada en trípode, con una lente de 18 mm, una apertura de diafragma de F/4 y una exposición de 30 segundos a ISO 800. El procesado final se realizó con *Adobe Photoshop*.

REMANENTES DE SUPERNOVAS

Huellas de una muerte anunciada

Por Dra. Gabriela Castelletti, miembro de la Carrera de Investigador Científico de CONICET, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA).

Las explosiones de supernovas son uno de los constituyentes energéticos más importantes de la galaxia. Son responsables de la inyección instantánea de grandes cantidades de energía en el medio interestelar, y mezclan los elementos pesados creados en la estrella progenitora. Estos eventos catastróficos serían, además, responsables de la aceleración de rayos cósmicos galácticos y podrían disparar la formación de nuevas generaciones de estrellas.



Observatorio Espacial Hubble - NASA, ESA y Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University).

La nebulosa del Cangrejo es un remanente de supernova compuesto por el material originalmente eyectado durante la explosión de la estrella progenitora, y por partículas altamente energéticas provenientes del viento del pulsar que contiene en su interior.

Una breve historia de 10 millones de años

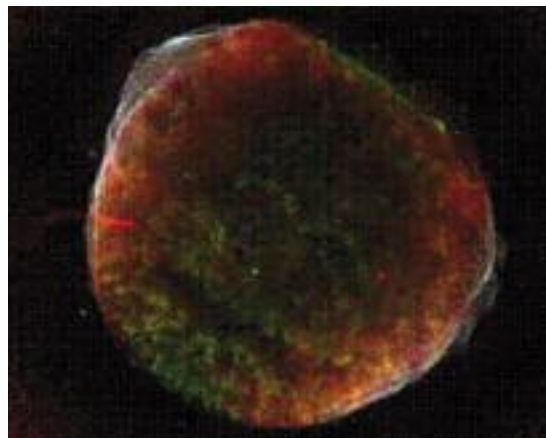
La duración del ciclo estelar depende de la masa de la estrella. Cuanto mayor sea su masa, más rápidamente agotará su combustible nuclear, el cual resulta imprescindible para contrarrestar la presión gravitatoria que en todo momento intenta colapsarla. En particular, las estrellas con masas mayores a unas diez masas solares sólo vivirán unos diez millones de años, lo cual significa una milésima parte del tiempo de lo que durará el ciclo estelar de nuestro Sol.

Hacia el final de su evolución, estas estrellas masivas explotan y producen uno de los eventos más energéticos observables en el espacio, conocidos como supernovas. Durante el ciclo estelar de estos objetos, el proceso de contracción gravitacional y el consecuente aumento de temperatura permiten el inicio de reacciones termonucleares que dan lugar a la creación de átomos más pesados que el hidrógeno y el helio. En efecto, durante aproximadamente el primer millón de años, la estrella resistirá la contracción gravitatoria quemando el hidrógeno que se encuentra en su interior. La fusión del hidrógeno dará lugar a la formación de helio, el cual, a su vez, podrá fusionarse para formar átomos de carbono y liberar más energía en ese proceso. No obstante, la contracción gravitatoria no se detiene, por lo cual la temperatura central aumenta en cada nueva etapa del ciclo estelar. Cuando la temperatura aumente lo suficiente, los átomos de carbono se fusionarán para formar oxígeno. En las etapas más extremas de este proceso pueden formarse elementos cada vez más pesados, tales como neón, magnesio, silicio y hierro. Sorprendentemente, el tiempo estimado en el cual las reacciones nucleares del carbono, oxígeno y silicio se desarrollan, es de aproximadamente 100 años, medio año y 1 día, respectivamente. El encendido del silicio produce un núcleo estelar rico en hierro con una temperatura aproximada de mil millones de grados. El centro de hierro ya no puede producir más energía, pero aún debe soportar el peso de las capas que lo rodean. A medida que el número de núcleos de hierro se incrementa, la masa se acerca a un valor límite, a partir del cual la estrella será incapaz de resistir el peso de las capas externas y comenzará a colapsar irreversiblemente. Si en el punto final de la evolución estelar la región central tiene una masa entre 1,4 y 3 masas solares, el colapso

gravitacional dará lugar a la formación de un objeto ultracomacto que será una estrella de neutrones (la cual puede ser, en ciertos casos, detectada desde la Tierra como un pulsar¹); o quedará un agujero negro si la masa de la región central supera las 3 masas solares. Como consecuencia de lo que sucede en el interior estelar, las cáscaras más externas de la estrella se desmoronan y luego son expulsadas a velocidades superiores a 10.000 km por segundo (¡3% de la velocidad de la luz!). Este hecho da lugar a una poderosísima onda supersónica, que se mueve hacia el exterior y barre, comprime y calienta el material interestelar a temperaturas de millones de grados. El colapso de la región central libera al espacio en forma instantánea una cantidad extraordinaria de energía (10^{53} ergios, un 1 seguido de 53 ceros), de la cual el 99% escapa en forma de neutrinos². La estrella se ha convertido en una supernova. El resultado de la interacción del material eyectado y la onda en expansión con el gas circundante, es conocido como un remanente de supernova. Estos objetos continuarán expandiéndose por varias decenas de miles de años hasta mezclarse completamente con el medio interestelar y desaparecer.

Las chicas también pueden explotar

Aproximadamente el 85% de las explosiones de supernovas son el resultado del colapso gravitacional de una estrella de alta masa. Sin embargo, las estrellas de baja masa también pueden experimentar un final catastrófico tipo supernova, producido por el colapso termonuclear de estrellas enanas blancas³, que al acretar⁴ gradualmente masa de una estrella compañera binaria⁵ inician la detonación explosiva del carbono. Estas explosiones producen la destrucción total de la estrella. Excluyendo el hecho de que no dejan un remanente compacto, los restos de las explosiones termonucleares evolucionan en forma completamente análoga a los que provienen del colapso gravitacional de la estrella, formando cáscaras en expansión y produciendo prácticamente los mismos efectos sobre el medio interestelar.



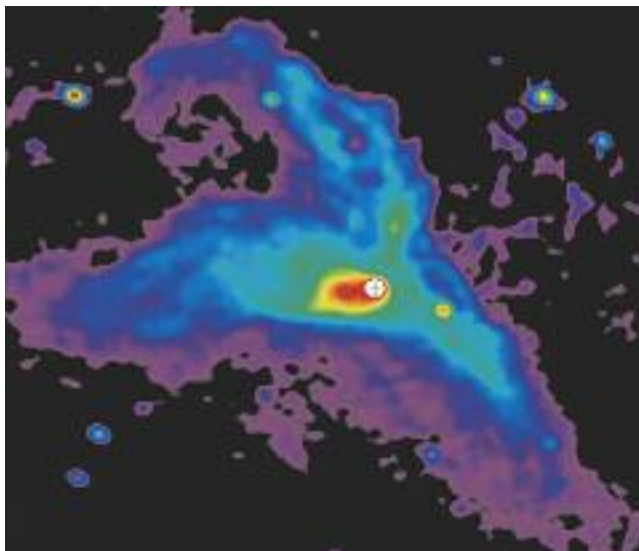
Esta imagen compuesta del resto de supernova SN1006 incluye datos de rayos X, en verde, del observatorio Chandra, y datos en radio, en tonos rojizos. Se cree que este objeto constituye los restos de una estrella enana blanca que formó parte de un sistema estelar binario.

La frecuencia del desastre

Si bien se espera que estos eventos devastadores ocurran en nuestra galaxia con una frecuencia de 50 a 100 años, la última vez que se observó a simple vista una supernova desde la Tierra fue en el año 1604. Se cree que buena parte de los remanentes de las explosiones que no hemos detectado estarían localizados en la región interna de la galaxia, donde la emisión difusa del material galáctico aumenta la confusión en la detección de estos desechos estelares perdidos.

Morfologías diversas en los remanentes de supernova: ¿quién establece las condiciones?

La evolución temporal y espacial de los remanentes de supernova está principalmente gobernada por su interacción con el gas circundante. Las *inhomogeneidades* en la distribución de la materia interestelar, como por ejemplo nubes densas y cavidades, pueden modificar la expansión del frente de choque originado en la explosión de supernova. Al mismo tiempo, los remanentes juegan un rol decisivo en las propiedades del medio que los rodea, enriqueciéndolo con elementos pesados formados en el interior de la estrella progenitora. Más aún, la acción violenta de los frentes de choque sobre nubes del medio interestelar, puede inducir la fragmentación de esas nubes en condensaciones densas que, eventualmente, pueden continuar contrayéndose por acción de la gravedad, y crear así escenarios propicios para el inicio de un nuevo ciclo de formación estelar. Por otro lado, existen factores intrínsecos al evento de



CTB 80, el remanente de una explosión estelar que ocurrió hace más de 10.000 años, observado por el radio interferómetro Very Large Array (USA). Es uno de los remanentes de supernova más exóticos conocidos en nuestra galaxia. En la región brillante central se encuentra el pulsar PSR B1951+32 (indicado por una cruz), que se desplaza transversalmente a una velocidad de 250 km/s mientras rota sobre su propio eje 40 veces en un milisegundo.

supernova, como por ejemplo, el mecanismo de explosión en sí mismo, la aceleración de partículas en el frente de choque o la posible presencia de una estrella de neutrones pulsante, los cuales también controlan la evolución de los remanentes estelares. La existencia de un pulsar, por ejemplo, energiza el resto de supernova, al inyectar partículas relativistas⁶ y campos magnéticos durante la evolución del remanente.

Los remanentes de supernovas pueden emitir radiación en casi todo el espectro electromagnético, desde las ondas de radio hasta los energéticos rayos X, o incluso rayos gamma. Sin embargo, la marca característica de estos objetos es la emisión sincrotrónica⁷ en ondas de radio, producida por las partículas aceleradas que se acoplan con el campo magnético comprimido detrás del frente de choque.

Tradicionalmente, los restos de supernovas son clasificados, de acuerdo a su morfología, en tres categorías principales: tipo cáscara, de centro lleno y compuestos. Esta clasificación tiene su origen en observaciones realizadas en ondas de radio, las cuales constituyen el principal método en el descubrimiento de estos objetos. Al presente, en la Vía Láctea hay más de 270 restos de supernovas detectados, de los cuales los que poseen una apariencia tipo cáscara comprenden la mayor

parte, aproximadamente el 80%. Existen ciertos casos en los cuales la cáscara de emisión originada tras la explosión de supernova es prácticamente esférica, debido probablemente a que el remanente evoluciona en un medio uniforme. Algunos ejemplos de esta clase son el remanente conocido con el nombre Tycho, o el remanente de SN1006. El primero es el resultado de una supernova que ocurrió en la constelación de Casiopea, y su nombre se debe al famoso astrónomo Tycho Brahe. La luz de esta gigantesca ex-

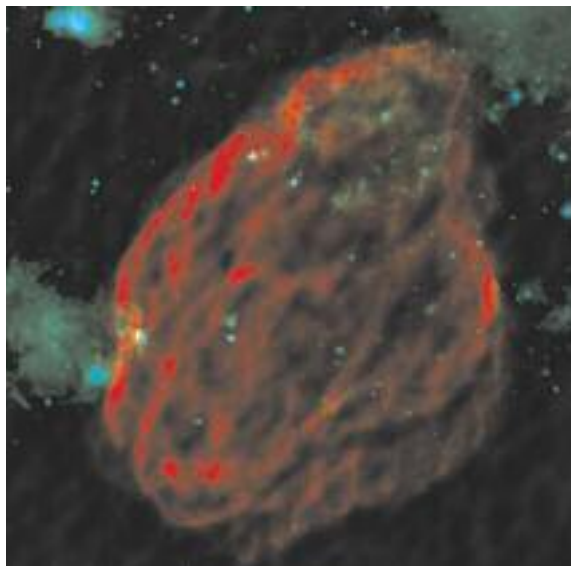
plosión llegó a nuestro planeta en el año 1572. Se trata de una de las ocho explosiones ocurridas en nuestra galaxia que fueron observadas a simple vista. El segundo ejemplo es el remanente de una explosión que tuvo lugar en la constelación austral del Lobo. Distante unos 7100 años luz, se observó en la Tierra en el año 1006. Estos dos remanentes son el resultado de explosiones termonucleares ocurridas en enanas blancas que formaron parte de un sistema estelar binario. Ninguno de estos restos de supernovas alberga en su interior un remanente ultra compacto, como un pulsar. Algunos remanentes de supernovas también pertenecen a esta clasificación presentan morfologías con formas irregulares, desviándose de la simetría esférica ideal. Tales irregularidades son debidas a *inhomogeneidades* del medio interestelar con las cuales interactúa la onda en expansión.

Los remanentes de supernova con centro lleno también

presentan una variedad de formas, originadas por la presencia de un pulsar central. Ninguna cáscara de emisión ha sido detectada en este grupo de remanentes. Un ejemplo típico de esta clase de objetos es la Nebulosa del Cangrejo (imagen pág. 31).

Los restos de supernovas compuestos son llamados así por compartir características morfológicas con ambas clases descriptas anteriormente. Es decir, en ellos se observa una cáscara brillante en expansión y una estrella de neutrones pulsante que sustenta la emisión en su interior.

Si bien los grupos mencionados incluyen una gran cantidad de remanentes detectados en nuestra galaxia, es posible encontrar casos cuya morfología no se ajusta con los tipos canónicos en que se clasifican estos objetos. El remanente llamado CTB 80 es producto de una supernova ocurrida hace 10.000 años a unos 6500 años luz de distancia. Éste es sin duda uno de los desechos estelares más exóticos que se conoce en la Vía Láctea, cuya apariencia en ondas de radio es difícil de reconciliar con los modelos convencionales. Se trata de un remanente compuesto por tres regiones de bajo brillo superficial, cada una extendiéndose aproximadamente 57 años luz ($5,2 \times 10^{14}$ km). Estos amplios brazos se interceptan en una nebulosa central brillante originada por el viento compuesto de partí-



W44 es un remanente de supernova evolucionado. Su estructura filamentaria se debe a la colisión del frente de choque creado en la explosión de supernova con nubes moleculares gigantes de varias centenas de masas solares. La imagen muestra la combinación de la emisión en ondas de radio detectada con el Very Large Array (rojo) y la emisión en infrarrojo observada por el Observatorio Espacial Spitzer (verde).

culas relativistas y campos magnéticos inyectados por el pulsar PSR B1951+32. Esta nebulosa central es una de las más grandes y brillantes observadas en ondas de radio alrededor de un pulsar. En base a observaciones realizadas en rayos X, se determinó un período de rotación de aproximadamente 40 milisegundos para el pulsar, el cual se mueve en el interior de CTB 80 con una velocidad transversal de 250 km/s. Al presente no existe ningún tipo de evidencia observacional sobre la presencia de nubes moleculares vecinas que pudieran dar cuenta de la morfología peculiar de este remanente. W44, en cambio, pertenece a un pequeño grupo de restos de supernovas en nuestra galaxia, para el cual la asociación con nubes moleculares ha sido bien demostrada. Se trata de un remanente evolucionado, de unos 20.000 años de edad, el cual aloja el pulsar PSR B1853+01. La distancia a este remanente es de 9800 años luz. Tres nubes gigantes, con una masa total de varias decenas de masas solares, rodean este objeto que alguna vez fue una estrella masiva. Este resto de supernova es un ejemplo claro de cómo la presencia de *inhomogeneidades* en el medio interestelar puede perturbar la evolución del frente de choque en expansión, en este caso, produciendo un resto de supernova con una estructura completamente filamentaria. Junto con W44, el remanente de supernova IC443, distante unos 5000 años luz de la Tierra, es uno de los objetos más exhaustivamente estudiados en todo el espectro electromagnético, ya sea por su interacción indiscutible con gas molecular denso o por contener una estrella de neutrones que rota rápidamente sobre sí misma.

El trabajo de todos los días

En la actualidad, es claro que cada remanente de supernova es un producto único de la historia de su estrella progenitora y la influencia del medio circundante. A fin de establecer modelos globales, las teorías necesitan del apoyo que brinda la observación astronómica de la emisión proveniente de estos objetos. Más aún, sólo a partir de la observación realizada en varios rangos del espectro electromagnético, es posible armar un escenario coherente para avanzar en la comprensión de la enorme variedad de procesos físicos desencadenados en un resto de supernova, así como también el efecto que estas explosiones tienen sobre el ambiente

circundante.

La adquisición de datos astronómicos con alta sensibilidad y resolución angular requiere la elaboración de propuestas científicas que son sometidas a la aprobación por parte de comités de asignación de turnos de telescopios internacionales. Una vez que la fase de obtención de datos es completada, se realiza la calibración y procesamiento de los datos experimentales. El paso siguiente es el análisis y confrontación de las observaciones con modelos teóricos que permitan explicar la física de los fenómenos observados.

La contribución de los remanentes de supernovas a la producción de rayos cósmicos

Los rayos cósmicos son partículas cargadas que bombardean constantemente la atmósfera de nuestro planeta. Aunque la mayor parte de estas partículas son protones (90%), también incluyen otros núcleos atómicos más pesados que el del hidrógeno, de los cuales el núcleo del átomo de helio (llamado partícula *alpha*: 2 protones y 2 electrones) es el más común (9%), y en menor proporción incluye electrones libres. Debido a su carga, los rayos cósmicos son deflectados por los campos magnéticos presentes en la galaxia, y por lo tanto es muy difícil concluir certeramente su origen. Numerosos trabajos teóricos proponen que en los frentes de choque en expansión de los remanentes de supernovas tiene lugar, a través de distintos procesos físicos, la aceleración de los rayos cósmicos galácticos que bombardean nuestro planeta.

La búsqueda de evidencia observacional a favor de las predicciones se ha intensificado notoriamente en la última década. El empleo de nuevos telescopios capaces de detectar la radiación X de naturaleza no térmica y la emisión gamma, brindó la evidencia indiscutible de que al menos algunos remanentes de supernovas en la Vía Láctea son capaces de acelerar partículas hasta energías de decenas de billones de electronvoltios. ■

***Gabriela Castelletti** es Doctora en Ciencias Físicas recibida en la Universidad de Buenos Aires y miembro de la Carrera de Investigador Científico de CONICET. Realiza su trabajo en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA) y se especializa en la observación y procesamiento de datos astronómicos de restos de supernovas obtenidos con instrumentos que operan en ondas de radio. El objetivo principal de su investigación es, a partir de la combinación de las observaciones en ondas de radio con información proveniente de otras bandas del espectro electromagnético, avanzar en la comprensión de la variedad de procesos físicos desencadenados en los restos de supernovas y en su interacción con el medio interestelar.

1 Pulsar: estrella de neutrones que emite pulsos de radiación rápidos y periódicos. Se trata de objetos extremadamente compactos (pueden tener un tamaño de 10 km y ser 1,5 veces más masivos que nuestro Sol), creados luego del colapso gravitatorio de una estrella masiva que explotó como supernova.

2 Neutrinos: partículas subatómicas que no poseen carga eléctrica, capaces de propagarse sobre distancias considerables, prácticamente sin interactuar con la materia que atraviesan.

3 Enanas blancas: este tipo de objetos se origina tras la muerte de estrellas con masas menores a 9-10 masas solares, al agotarse el combustible nuclear que las mantenía brillando y que contrarrestaba la presión gravitatoria. Hacia el final del ciclo estelar, estas estrellas expulsan sus capas externas en la forma de "nebulosa planetaria", y en el interior de esta nebulosa queda un remanente estelar extremadamente compacto, llamado enana blanca.

4 Acretar: transferencia de materia entre dos objetos.

5 Binaria (estrella): se refiere a un sistema estelar compuesto por dos estrellas que orbitan alrededor de un punto común (el centro de masa del sistema).

6 Partículas relativistas: partículas que tienen una velocidad cercana a la de la luz.

7 Emisión sincrotrónica: es el tipo de emisión que produce una partícula cargada en presencia de un campo magnético. El campo magnético fuerza a las partículas a realizar una trayectoria helicoidal (como una espiral) y, en ese movimiento, la partícula emite radiación.



Resto de la explosión de supernova IC443. El color magenta corresponde a la emisión en radio observada con el Very Large Array. La emisión en el rango visible (con datos del Digitalized Sky Survey) se ha coloreado en verde. Este remanente es una de las fuentes de radio más brillantes en la Vía Láctea y uno de los objetos más frecuentemente observados por los astrónomos debido a su interacción con nubes densas vecinas.

Crédito: Dra. Gabriela Castelletti.

Las estrellas de Brasil

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

Durante los próximos años todas las miradas deportivas estarán puestas en nuestro vecino país. En 2013 Brasil será sede de la Copa de las Confederaciones¹; en 2014 organizará el Mundial de fútbol²; al año siguiente, la Copa América; y para finalizar, en 2016 se realizarán en Río de Janeiro los Juegos Olímpicos³. Los colores verdeamarelos son bien conocidos por nosotros, pero durante esos cuatro años soñaremos con ellos. Al menos, tendremos bien presente un sector del cielo, ya que el círculo central de la bandera brasileña, donde desde 1822 se ubicaba la corona de la monarquía, hoy contiene, de manera simbólica, una parte de la esfera celeste.



El disco azul de la bandera representa el cielo observado hacia el sur desde Río de Janeiro, supuestamente, en la mañana del 15 de noviembre de 1889, cuando Brasil dejó de ser un imperio y se proclamó República. Lo curioso es que en esa fecha las estrellas se ubican en esa posición con el Sol ya alto sobre el horizonte y, por lo tanto, no son visibles debido a la luz del día. Otro momento para observar ese cielo, por la noche, puede ser a comienzos del invierno, luego de la puesta del Sol. De la forma que sea, la bandera no incluye la posición de la Luna o de los planetas en aquel momento.

La esfera celeste no aparece como la observamos desde la Tierra, sino como si la estuviéramos viendo desde afuera. Las 27 estrellas de la bandera representan a los 26 estados de Brasil y a Brasília, su capital. De todas ellas, una sola está por encima de la banda con la inscripción "Orden y Progreso", y representa al estado de Pará, cuya capital, Belém, era la ciudad que se encontraba más al norte en el momento de la creación de esta bandera⁴. Esa estrella sería Spica, Alfa de la constelación de Virgo. En realidad, Spica se encuentra apenas un poco más al sur del ecuador celeste, pero en la bandera de Brasil aparece al norte, y marca que este país posee tierras en ambos hemisferios. Curiosamente, la

estrella Procyon (Alfa del Can Menor), que sí se encuentra al norte del ecuador celeste, en la bandera aparece un poco al sur.

Entre las estrellas detectables a simple vista, Sigma *Octantis* es la que más al sur se encuentra en la esfera celeste. Puede verse con mucha dificultad, y es necesario observarla en un cielo bien oscuro. Por su posición, todo el cielo parece girar en torno a un punto muy cercano a esta estrella (como ocurre con Polaris en el hemisferio norte), y desde el sur puede verse durante todo el año. En la bandera de Brasil, Sigma *Octantis*

aparece bien abajo y representa al Distrito Federal Brasilia.

La presencia de la Cruz del Sur en el centro de la esfera hace referencia al primer nombre dado a Brasil por los portugueses, "Tierra de Santa Cruz". Es raro que no aparezcan los punteros de la Cruz, Alfa y Beta del Centauro, las dos estrellas más brillantes de la zona, y sí figuran las constelaciones del Triángulo Austral, parte de Hydra y un Escorpio un poco "desarmado". Para compensar, están Sirio y Canopus, las dos estrellas más brillantes del cielo.



La esfera central de la bandera de Brasil contiene parte del cielo austral, como si lo estuviéramos observando desde afuera.



1. La Copa de las Confederaciones es otro invento de la FIFA y la juegan, cada cuatro años, los campeones de fútbol de cada continente, más el local. La costumbre actual es utilizar la misma sede que albergará al siguiente Mundial.

2. Brasil intentará ganar un Mundial por primera vez en su casa, ya que en la anterior Copa del Mundo que organizó, en 1950, cayó derrotado en la final por Uruguay, en lo que se conoce como el Maracanazo.

3. Será la primera vez que se organicen unos Juegos Olímpicos en Sudamérica.

4. Hoy existen dos estados más al norte, Amapá y Roraima.

El sector de la esfera celeste, vista desde afuera, tal como aparece en la bandera de Brasil. La posición del Sol corresponde a la mañana del 15 de noviembre de 1889.



**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.**



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



NO HAY LADO OSCURO DE LA LUNA, SÓLO VEMOS...

Siempre la misma cara

...desde la Tierra

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

En la Luna, la rotación y la traslación alrededor de la Tierra duran lo mismo, casi un mes. Es como si en la Tierra un día entero durara 8766 horas (365 días y 6 horas). En el cielo de nuestro satélite, el Sol y las estrellas se mueven, en forma aparente, mucho más lentamente que en el cielo terrestre. Desde la superficie lunar, nuestro planeta se ve siempre quieto en el cielo, y sólo cambia de posición si el observador se mueve varios kilómetros.



Gracias a las Libraciones, en algunos momentos podemos apreciar hasta un 60% de la superficie lunar. A la izquierda, el cráter Langrenus (1) parece más cerca del limbo.

Desde la Tierra, estamos donde estemos y en cualquier época del año, vemos siempre la misma cara de la Luna. No importa en qué fase se encuentre nuestro satélite, siempre nos muestra la misma mitad de su superficie. Existe la posibilidad de ampliar ese 50% a casi un 60%, gracias a un conjunto de oscilaciones y posiciones de la Luna con respecto a la Tierra, llamadas Libraciones, que nos permite “espiar” un poco sobre los “bordes” lunares. Así, en diferentes

momentos podemos ver algunos cráteres que se encuentran hacia un lado o hacia el otro. Pero... ¿por qué la Luna nos muestra siempre la misma cara? ¿Acaso no rota como la Tierra? No es difícil de entender, aunque no es muy simple de explicar. Resulta que por interacción gravitatoria entre la Tierra y la Luna, más las fuerzas de marea que nuestro satélite ejerce sobre la Tierra, la Luna tarda el mismo tiempo en rotar sobre su eje que el que le lleva trasladarse alrededor de la Tierra: 27 días y medio. Las mareas elevan y hacen descender el nivel

del mar en un lado y otro de las costas. En la Tierra, el agua está “suelta”, y la pequeña “sacudida” gravitatoria que la Luna le ejerce provoca, por rozamiento, esas mareas, que actúan como un “freno” sobre la rotación terrestre. Ese “freno” es muy leve, pero suficiente como para que el día terrestre se esté alargando a razón de un segundo cada mil años.

Esto nos muestra la atracción gravitatoria que la Luna despliega sobre la Tierra. Por su parte, la Tierra ejerce un efecto mucho mayor sobre la Luna, unas 80 veces superior. Pero allí no hay agua, por lo que el “estiramiento” se produce directamente sobre la superficie de nuestro satélite, lo que provoca una disminución más notable en su período de rotación. Así se llegó al punto en el que el día lunar dura lo mismo que el mes lunar, y como consecuencia, desde la Tierra vemos siempre la misma cara de la Luna.

Por las mismas razones, se supone que dentro de muchos millones de años el día aquí durará considerablemente más que 24 horas. Las fuerzas intentarán equipararse y la Luna y la Tierra se mostrarán siempre mutuamente la misma cara, pero a una distancia mayor a los casi 400 mil km que hoy las separan.

Intentamos aquí ser lo más claros y simples que hemos podido, y para eso hasta hemos dejado de lado consideraciones más físicas y técnicas. Quizás, una ilustración más didáctica para demostrar la rotación de nuestro satélite sea la siguiente experiencia: gire uno mismo (como si fuera la Luna) alrededor de otra persona (la Tierra), sin dejar de mostrarle su rostro a medida que da vueltas a su alrededor; y que esta otra persona, a su vez, en el centro, dé vueltas sobre sí misma simulando la rotación terrestre. ■

Eclipse mundial

El 11 de julio de 2010 un grupo de expedicionarios viajó a Pehuajó, provincia de Buenos Aires, para alcanzar a observar, desde un lugar más al suroeste que nuestra ciudad, un porcentaje mayor del último eclipse de Sol visible desde nuestro país. No fue fácil, ya que a las dudosas condiciones climáticas se sumaba el hecho de que el máximo del Eclipse (parcial desde nuestras latitudes; total desde El Calafate, Santa Cruz) se daba con el Sol ocultándose bajo el horizonte. Por eso, el producto fue esta extraña foto realizada por Mariano Ribas, con la Luna “mordiéndose” a nuestra estrella y haciéndola parecer una aleta de tiburón.



Gases en expansión

M 27, más conocida como Dumbbell, son los restos expulsados y en expansión de una estrella gigante roja, que en el pasado pudo haber sido como nuestro Sol, al que le ocurrirá algo similar dentro de 6 mil millones de años. A este tipo de objetos se los llama “nebulosas planetarias”, porque vistos a través de un pequeño telescopio presentan discos similares a planetas. Omar Mangini realizó esta hermosa imagen con su telescopio *Nebula 1*, un “Reflector Newton 254/1200, F/5”, construido con sus propias manos.





La piña cósmica

Una impresionante imagen de una galaxia espiral realizada por Sergio Eguivar desde Martínez, provincia de Buenos Aires. Se trata de M 64, la galaxia del Ojo Negro, que se encuentra en la constelación de *Coma Berenices* y es visible fácilmente con un telescopio de aficionado. Se supone que la banda de polvo oscuro, que gira por encima y en sentido opuesto a la estructura principal, es el producto de una colisión con una galaxia menor.

Por una cabeza

Debido a su llamativa silueta, la nebulosa Cabeza de Caballo es uno de los objetos astronómicos más conocidos. Es una nebulosa oscura visible gracias a que se encuentra por delante de otra brillante. Todo en la constelación de Orión. Es también uno de los objetos más difíciles de observar con telescopios. Lo hemos intentado muchas veces bajo cielos realmente oscuros; hemos “llegado al lugar” y detectado las estrellas que se encuentran en la región, pero de la Cabeza de Caballo, nada. La mejor forma de distinguirla es a través de la fotografía, que permite una larga exposición (en este caso, más de 13 horas). En esta excelente imagen realizada por Ezequiel Belocchio, que abarca un campo de 2,5°, la estrella más brillante es Alnitak, una de las Tres Marías. Por debajo, la nebulosa de la Flama (NGC 2024), y por encima de la Cabeza, Sigma *Orionis*, una estrella cuántuple, fácilmente visible con telescopios.





Las joyas de la Corona

La constelación de la Corona Austral está compuesta por un grupo de estrellas en forma semicircular que parecen brillar con una magnitud similar. Con binoculares se aprecia el color azul de sus componentes y, además, un hermoso cúmulo globular (NGC 6723), ese racimo que aparece en el medio, a la derecha de la imagen. La técnica de la larga exposición en la fotografía revela otros detalles más tenues, como esa nube de polvo oscuro y frío que se interpone ante la luz de estrellas más lejanas. Esta imagen fue realizada por Leonardo Julio desde Intendente Alvear, La Pampa, y fue elegida como la Foto Astronómica del Día (APOD, en inglés) en el sitio de la NASA el 27 de junio.

Coloso globular

Un cúmulo globular es una estructura esférica que puede contener desde unas decenas de miles de estrellas hasta algunos millones, agrupada de manera muy concentrada en torno al núcleo de la galaxia. Con cinco millones de estrellas, Omega Centauri es el más grande de los que se conocen en nuestra galaxia y, posiblemente, haya sido el núcleo de otra galaxia menor absorbida por la Vía Láctea. Se puede observar a simple vista y fue fotografiado por Matías Tomasello desde Munro, provincia de Buenos Aires.



CUMPLIÓ SU PRIMERA VUELTA AL SOL DESDE SU DESCUBRIMIENTO

El año de Neptuno

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

Neptuno tiene tres descubridores: Le Verrier y Adams lo hallaron “matemáticamente”, y Galle lo observó luego, hace 165 años.

Hay años y años. Y los del octavo planeta del Sistema Solar son tan largos como dos vidas humanas. Tan es así que, recién ahora, Neptuno acaba de completar su primera vuelta al Sol (su primer “año”) desde su descubrimiento, a mediados del siglo XIX. Y no por casualidad, durante estos últimos meses de 2011 podremos observarlo casi exactamente en aquel histórico parche del cielo donde fue identificado por primera vez. Pero antes de salir al encuentro de aquel lejanísimo y enorme mundo azul marino, bien vale la pena repasar brevemente la curiosa historia de su descubrimiento.

De Galileo a las anomalías de Urano

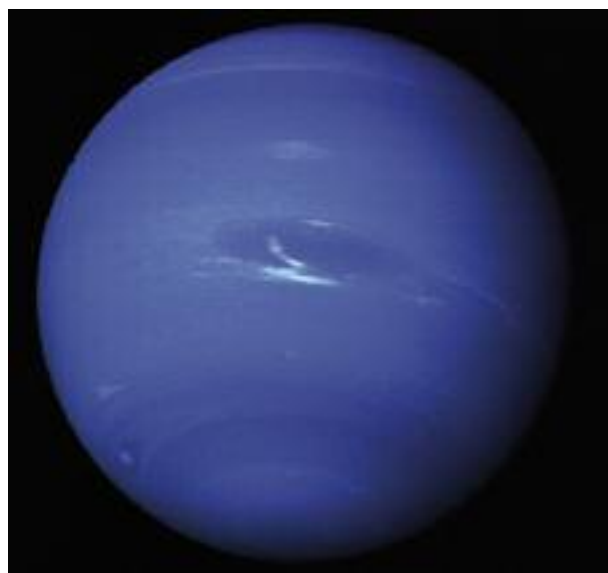
Empecemos por lo no tan conocido: en diciembre de 1612 y enero de 1613, Galileo vio a Neptuno. Pero nunca lo supo. En realidad, lo confundió con una “estrella fija”, mientras observaba los movimientos de Júpiter y sus lunas con un rudimentario telescopio. Más tarde, otros astrónomos (entre ellos, el británico John Herschel, hijo de William, el descubridor de Urano)

volvieron a tropezar con el planeta

sin saberlo. Hasta apareció en algunos mapas celestes como una estrella más. La confusión era absolutamente comprensible: aun con telescopios potentes, Neptuno no es más que una mota de luz gris-azulada, con un disco apenas discernible, ligeramente más grande que la imagen siempre puntual de las estrellas. Tan o más curioso resulta el hecho de que Neptuno fue descubierto matemáticamente. Con papel, lápiz, inteligencia y elegantes cálculos. Y sobre las bases de las leyes de movimiento planetario (Kepler) y la gravitación universal (Newton). La primera puntada la dio el francés Alexis Bouvard, en 1821, cuando se dio cuenta de que Urano mostraba sutiles anomalías en su movimiento: en los años previos, el planeta se había movido más rápido de lo esperado. Entonces, sospechó que un planeta desconocido —gravedad mediante— podía ser el responsable. Una década más tarde, Urano comenzó a moverse más lento de lo que cabía esperar. Y entonces sí, ya no quedaron dudas: hacia 1840, consideradas ya las influencias gravitatorias de Júpiter y Saturno, varios astrónomos europeos comenzaron a considerar muy seriamente que debía haber “algo” que había acelerado y desacelerado al, por entonces, último planeta conocido del Sistema Solar.

Un planeta, tres descubridores

Aquí entran en escena los principales prota-



Neptuno fotografiado por la Voyager 2 (NASA) en 1989.

gonistas de esta historia planetaria: entre 1845 y 1846, trabajando en forma completamente independiente, el británico John Couch Adams (1811-1877) y el francés Urbain Jean Le Verrier (1819-1892) predijeron matemáticamente la posición del nuevo planeta. Pero, lamentablemente, ni el extremadamente tímido e ignoto Adams, ni el reconocido y arrogante Le Verrier, lograron convencer a los principales astrónomos de sus países para lanzarse a una “cacería” telescópica del supuesto planeta. Por eso, Le Verrier decidió escribirle una carta a su amigo, Johann Galle, un astrónomo alemán que trabajaba en el Observatorio de Berlín. Enthusiasmado con el desafío, Galle persuadió al director del observatorio, Johann Encke, para permitirle realizar la búsqueda. Finalmente, en la medianoche del 23 al 24 de septiembre de 1846, Johann Galle, con la ayuda del joven estudiante Heinrich Louis d'Arrest, encontró a Neptuno gracias a los precisos datos de Le Verrier. Extremadamente precisos: Galle vio a Neptuno con el magnífico telescopio refractor *Fraunhofer* (de 23 cm de diámetro) a tan sólo 1° de la



Mariano Ribas.



Imagen de Neptuno a través de un telescopio con 50 aumentos. En el recuadro llevamos a 300 los aumentos para detectar el disco del planeta y, por encima, su mayor luna, Tritón.

posición calculada por Le Verrier, apenas algo más lejos de la posición predicha por Adams, muy cerca del límite entre las constelaciones de Acuario y Capricornio. Por todo esto, es justo decir que Neptuno tiene tres descubridores: Le Verrier, Adams y Galle. Y mucho antes, un “casi” descubridor: Galileo.

Observando a Neptuno

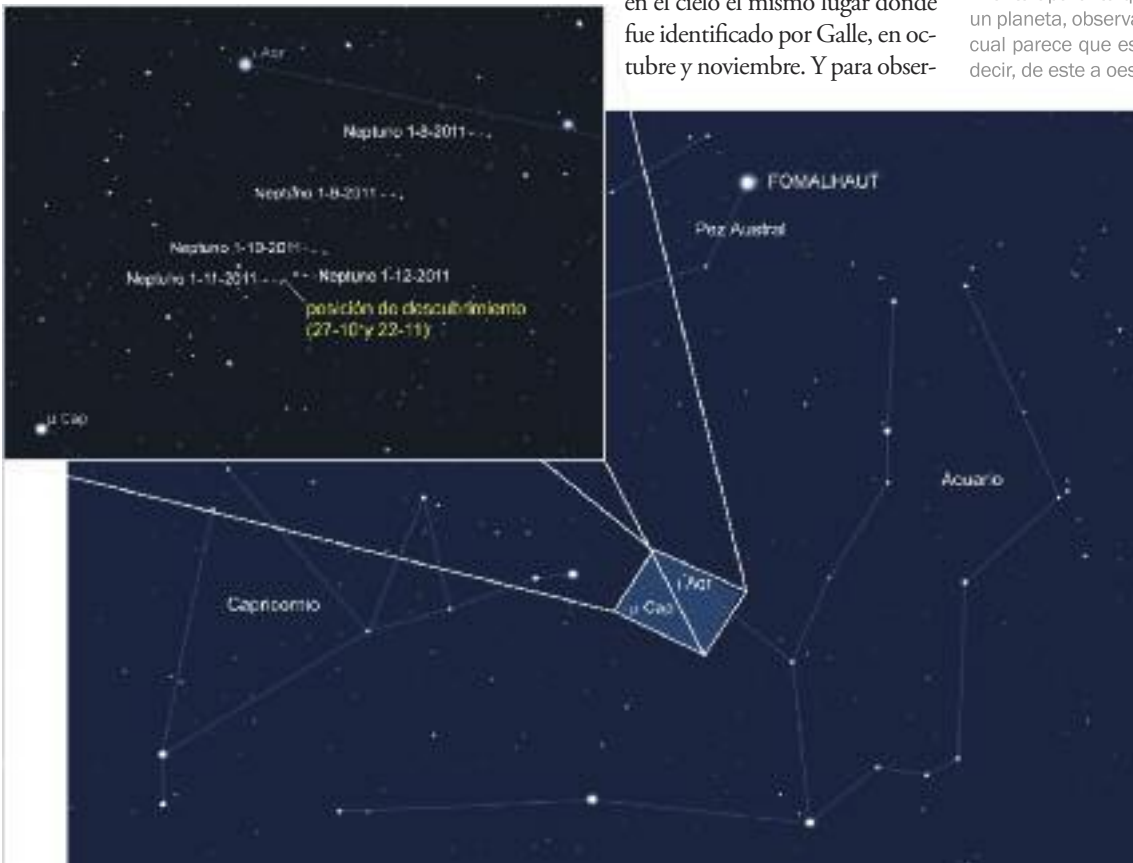
Y aquí estamos, celebrando el “Año de Neptuno”: el pasado 12 de julio el octavo planeta cumplió su primera vuelta al Sol desde la histórica noche de su descubrimiento. Es decir, 164,8 años después. Sin embargo, por una cuestión de perspectiva (fundamentalmente por los cambios de posición de la Tierra),

Neptuno recién volverá a ocupar en el cielo el mismo lugar donde fue identificado por Galle, en octubre y noviembre. Y para obser-

varlo, sólo necesitamos un mapa celeste y un pequeño telescopio. Incluso, hasta es posible verlo con binoculares. Pero sólo con telescopios de 15 a 25 centímetros de diámetro, y unos 250 aumentos, Neptuno aparece como un disco, diminuto pero bien definido, de color gris azulado, y ya no como un punto, como se ven las estrellas con cualquier telescopio.

El mapa que acompaña este artículo nos muestra la posición de Neptuno y destaca especialmente la posición que ocupó los días 27 de octubre y 22 de noviembre (retrogradación¹ mediante), que es justamente el lugar donde fue identificado por primera vez. Observar a Neptuno en estas fechas es como viajar hacia atrás en el tiempo, trasladarse hasta aquella mágica noche del 23 al 24 de septiembre de 1846 y revivir uno de los momentos claves de la historia de la Astronomía. Y mientras observamos al lejanísimo gigante azul podemos detenernos unos instantes, proyectar la mirada hacia el futuro y pensar: ¿cómo será el mundo en el próximo “cumpleaños” de Neptuno... en el año 2176? ■

1 Movimiento retrógrado o retrogradación: movimiento aparente que presenta la trayectoria de un planeta, observado desde la Tierra, gracias al cual parece que está viajando “hacia atrás”, es decir, de este a oeste.



Carta celeste para la localización de Neptuno, entre las constelaciones de Capricornio y Acuario. En el detalle, la posición del planeta a lo largo de estos meses y el lugar en el que se encontraba cuando fue descubierto, hace 165 años.

La navegación astronómica de las aves

Por Roberto Ares*
ares.roberto@gmail.com

Como nosotros, también hay aves que observan el cielo. Algunas especies lo hacen para orientarse durante las migraciones, y deciden la dirección del vuelo de acuerdo con la posición de algunas “constelaciones” y de la estrella polar. Unas utilizan sus propios mapas estelares, y otras, el magnetismo terrestre.

Las razones de un viaje

Hay cerca de 10.000 especies de aves en el mundo, de las cuales unas 1000 están representadas en la Argentina. Todas tienen plumas, pero algunas no vuelan (como el ñandú). Muchas son residentes de un lugar o se mueven poco. Algunas cambian de sitio cuando las condiciones de alimentación las obligan. Pero cerca de un 40% de las especies son capaces de hacer migraciones, y algunas resultan ser sorprendentes.

¿Cuáles son las características de las migraciones? Se considera migración cuando los desplazamientos son importantes en longitud (cientos o miles de kilómetros) y en duración (varios meses). Debe estar involucrada la mayoría de la población; no basta con que se muevan individuos aislados. Debe ser voluntaria y no motivada por trastornos atmosféricos circunstanciales. Debe ser periódica (normalmente anual y ligada al ciclo reproductivo) y, además, deben viajar de ida y vuelta.

¿Qué obliga a estos movimientos periódicos y masivos? Las migraciones son motivadas por el cambio anual del clima, que produce variaciones sobre la disponibilidad del alimento. Así que, desde que hay estaciones anuales —en otras palabras, desde que la Tierra gira sobre su eje con cierta inclinación—, deberían existir las migraciones. Siempre hubo condiciones

para las estaciones anuales (o casi siempre), y por ello, para las migraciones, aunque existieran pocos animales capaces de migrar. Hay pruebas de que ancestros de mamíferos y dinosaurios migraban en el sur de Brasil hace 230 millones de años, como en la sabana africana actual, por dar sólo un ejemplo mediático. Pero las aves tienen migraciones que impresionan debido a la capacidad de volar y de llegar muy lejos.

El deseo de migrar es innato, es una herencia genética. Las aves criadas en soledad sienten el deseo de migrar en determinada época del año y se orientan en las jaulas hacia una dirección preferida. La duración del día es un disparador para los deseos de migrar. En el laboratorio se modificó el régimen de horas de día y noche de forma que se pudo cambiar también la época de ansiedad migratoria.

Los campeones de las migraciones van desde el ex-





Foto: Roberto Ares.

Los gaviotines golondrina (Sterna hirundo) llegan a la Bahía de Samborombón en primavera, luego de un viaje desde Canadá.

tremo ártico hasta el antártico, ida y vuelta, en un viaje anual. Son los gaviotines (familia *Laridae*), que recorren más de 10.000 km de ida y otro tanto de vuelta durante más de 10 años de vida promedio. Se supone que el origen de estas enormes migraciones fueron las glaciaciones, que obligaron a las especies del hemisferio norte a abandonarlo cuando se cubría de hielo. En los últimos 2 millones de años los glaciares avanzaron y retrocedieron, y afectaron la distribución humana en Europa y Asia, y también la de las aves.

Los mapas disponibles

¿Cómo se orientan las aves durante sus viajes? Las herramientas de navegación son los sentidos que, en algunos casos, tienen particularidades diferentes a los de los humanos. Sin duda que usan los accidentes geográficos como referencia, pero también se sabe que arman mapas de olores y sonidos. En Italia se verificó que las palomas pueden utilizar olores provenientes de los campos donde nacieron. Las palomas no migran, pero se orientan a la perfección. Se cree que algunas especies son capaces de guiarse por sonidos de baja fre-

cuencia (infrasonidos), como pueden ser los producidos por los ríos, el mar o el viento sobre las montañas. Esto permite tener un mapa del lugar de destino, pero a corta distancia. Para distancias mayores se necesitan referencias externas a la superficie terrestre.

En muchas especies de aves, las crías hacen solas su primera migración. Esto sugiere que nacen con un “mapa de ruta” que no puede ser geográfico —que puede modificarse con rapidez—, sino astronómico. También se sabe que aquellas que han realizado una migración anterior pueden corregir los desvíos. La experiencia mejora la información innata y toma datos de la geografía. Esto se comprobó en estudios realizados en Europa. El Instituto de Investigaciones Ecológicas de Holanda capturó 11.000 estorninos durante la migración que realizan desde Escandinavia hasta el norte de Francia. Luego los llevaron de Holanda a Suiza, donde se los liberó. El resultado fue que los estorninos que realizaban su ruta por primera vez no corrigieron el vuelo y terminaron en España. En cambio, los experimentados pudieron llegar al norte de

Francia sin problemas. La experiencia les permitió corregir el recorrido.

En años recientes se introdujo el seguimiento satelital, lo cual mejoró notablemente la identificación de las rutas que utilizan las aves durante la migración. Así se ha podido comprobar que las águilas pescadoras experimentadas pueden corregir mejor la deriva producida por las condiciones climáticas.

Observando el cielo

Las aves que vuelan de día pueden orientarse por la geografía y la posición del Sol. Pero la posición del Sol cambia, así que deben corregir la dirección del vuelo con un reloj interno diario. El Sol también indica su posición antes del amanecer y después del anochecer. Se trata de un gran arco de luz polarizada sobre el cielo nocturno. Tiene centro en el Sol, que se encuentra bajo el horizonte, y está a 90° de él. La luz polarizada es producida por la atmósfera y se sabe que muchos animales usan esta información para orientarse por la noche.

Muchas aves migran de noche para eludir a los predadores, por lo que deben usar

también las estrellas como guía. Además vuelan los días nublados, así que deberían tener otro mecanismo de navegación alternativo. Pero no avancemos más rápido de lo que nuestras alas nos lo permiten.

¿Cómo podemos estar seguros de que las aves usan las estrellas para orientarse? Las formas de estudio son variadas. En campo, el seguimiento de aves marcadas y mediante transmisores satelitales permite rastrear la ruta. En el laboratorio, en cambio, la técnica de estudio más difundida es el embudo de Emlen. Consiste en una jaula que sólo tiene visibilidad hacia afuera en la parte superior, pero está cerrada por un vidrio o un alambre tejido. Si colocamos la jaula en un planetario, podemos estudiar la reacción de las aves ante ciertas partes del cielo. En tanto, las paredes de la jaula se recubren de un papel que queda marcado con las patas de las aves, y así se puede contar las “preferencias” de movimiento de acuerdo al grupo de estrellas que se les presenta.

En el embudo de Emlen se estudió la respuesta del colorín azul, un pequeño passeriforme¹ del norte de América, que migra desde Estados Unidos hasta Centro América cruzando el Mar Caribe. Expuestos los colorines al planetario dentro de su jaula-embudo, se encontró que se guían por la posición relativa de las constelaciones. Resulta mucho más fácil distinguir grupos de estrellas que estrellas individuales. Por eso, los humanos han denominado con nombres propios a grupos característicos. Por ejemplo, a los colorines se les presentaron las constelaciones de Cepheus, Casiopea y la Osa Mayor, que giran en torno a la estrella polar (en el hemisferio norte). Se comprobó que los colorines deciden la dirección del vuelo de acuerdo con la posición de los grupos de estrellas referidos a la estrella polar. Esto se hizo cambiando los horarios relativos entre el tiempo real y el que mostraba el planetario. Claro que las aves no tienen idea de nuestras “constelaciones”, que son arbitrarias. Utilizan sus propios mapas estelares, los cuales desconocemos, pero deben ser muy efectivos.

Un campo de líneas

La Tierra tiene 6400 km de radio. Su núcleo interno, que ocupa la franja desde 5100 hasta 6400 km de profundidad, es

de hierro sólido. El núcleo externo, entre los 2900 y 5100 km, es de hierro líquido. En este núcleo externo existe una corriente convectiva que es responsable del magnetismo terrestre. Probablemente, el campo magnético sufrió un cambio importante hace 1000 millones de años, cuando se aisló el núcleo interno sólido y se regularizaron las corrientes convectivas del núcleo externo. Este campo magnético posibilita una protección contra el viento solar y los rayos cósmicos, y permitió la evolución de la vida fuera del agua. Contemporáneo con la aparición del campo magnético terrestre es la separación de la vida pluricelular en animales, plantas y hongos. ¿Coincidencia?

El campo magnético terrestre posee los polos norte y sur corridos de los polos geográficos. Pero poco importa porque se mueve con el tiempo y, en forma bastante periódica (aunque es impredecible aún), se invierte. El actual polo sur magnético pasará a ser el polo norte en el futuro. Estas inversiones están magníficamente documentadas en las rocas basálticas que emergen en el centro del Océano Atlántico (el rift centro-oceánico). Cuando surge el magma y se solidifica, las partículas de hierro se orientan en la dirección del campo magnético terrestre de ese mo-

Las migraciones son motivadas por el cambio anual del clima, que produce variaciones sobre la disponibilidad del alimento. Muchas aves migran de noche para eludir a los predadores, por lo que usan las estrellas como guía.

mento. Por lo tanto, si averiguamos la edad de la roca y vemos la orientación del hierro, sabemos en qué lugar estaba el polo norte en ese momento.

Hay numerosas pruebas de que algunas aves usan el magnetismo terrestre como herramienta de navegación. ¿Cómo detectan el magnetismo? La evolución desarrolló dos herramientas de detección del magnetismo. ¿Distinguen las aves el polo norte del sur? Si fuera así, una inversión de los polos como el mencionado antes podría tergiversar todo el sistema de navegación. Los humanos, ¿también podemos orientarnos por el magnetismo terrestre? Hay evidencias de que la res-



A través del experimento con el embudo de Emlen se demostró que el colorín azul (Passerina cyanea) obtiene información direccional gracias a la configuración de algunas constelaciones. El ave puede determinar una dirección de referencia, como el norte, con la relación geométrica fija de las estrellas. Cuando se le presentó, en un planetario, un cielo corrido en el tiempo, no cambió su orientación. Esto indica que el colorín no incorpora su reloj biológico en el proceso de orientación y que obtiene la información direccional únicamente de los patrones estelares.

puesta es “sí, pero muy mal”. Veamos estos aspectos en orden.

La navegación biológica

Sobre los instrumentos de navegación hay pruebas de dos tipos. El primero es un compuesto mineral de hierro y oxígeno llamado magnetita. Se sabe de bacterias que sintetizan la magnetita y que les serviría como brújula. Esta sustancia fue hallada en la cabeza de las palomas, en moluscos y en el estómago de las abejas. Las palomas tienen en la parte superior del pico pequeños granos de magnetita en dendritas dispuestas en una distribución tridimensional. Como la magnetita está dispersa en el reino animal, es probable que la detección del magnetismo haya sido uno de los primeros instrumentos de navegación usados por la vida.

Pero muchos animales no pueden orientarse si se los priva de la visión. Tal es el caso del salmón, las tortugas y algunas aves. Por eso es que en estos casos el otro tipo de instrumento de navegación debe estar en los ojos, en la retina. Es interesante que los criptocromos² presentes en los detectores de la retina, no sólo reaccionan a la luz, sino también al magnetismo. Los criptocromos están presentes también en las plantas, y entonces, aunque no puedan ver, quizás podrían responder al magnetismo terrestre.

En la Universidad de Frankfurt se capturaron petirrojos que migraban de Escandinavia al ecuador africano. Los colocaron en un campo magnético artificial y notaron que los pájaros no detectaban la inversión. Así que, su herramienta de navegación no les sirve para distinguir entre norte y sur. Si se los hace volar con campos magnéticos variables, se desorientan. También pierden la orientación si vuelan en zonas con anomalías magnéticas donde los depósitos minerales alteran el campo magnético normal. Se verificó que si se les tapaban los ojos a los pájaros perdían la orientación, de forma tal que dejaban de percibir el campo magnético. Entonces, la herramienta de navegación, sin duda, está en la visión. En condiciones normales se encontró que podían detectar la inclinación del campo magnético

al que se las sometía. Y aquí está la clave de la orientación.

El campo magnético terrestre tiene las líneas paralelas a la Tierra en el ecuador, pero se inclinan hasta ser perpendiculares al terreno en los polos magnéticos. Esta variación en la inclinación de las líneas de campo entrega información de la posición en la Tierra. Si queremos imaginar cómo las aves ven el campo magnético, supongamos que estamos en una densa neblina: la dirección del Sol aparece como una zona más densa en luminosidad muy difusa. Así identificarían las aves los polos magnéticos.

¿Podemos los humanos detectar el campo magnético terrestre? Se han realizado diferentes experiencias y todas indican que existe una muy leve tendencia estadística a favor de que podemos reconocer la dirección de los polos. Por ejemplo, se desorienta al sujeto bajo estudio y se le pregunta dónde está el norte. También se ha verificado una tendencia a observar el norte con más luminosidad en un ambiente de igual intensidad luminosa.

En los humanos, el cerebro está lateralizado; el hemisferio izquierdo gobierna la parte derecha del cuerpo. Esto ayuda a dividir las tareas dentro del cerebro. En las aves, también ocurre así. El lado derecho del cerebro recibe la información del ojo izquierdo (y viceversa). Esto ayuda a la visión tridimensional. Lo mismo ocurre para el oído, lo cual facilita la detección de la dirección del origen del sonido, tal como ocurre en los humanos. Pero en las aves, el ojo derecho (conectado al hemisferio izquierdo del cerebro) detecta mejor el

magnetismo. Claro, el magnetismo no requiere de una capacidad tridimensional como la visión y el sonido.

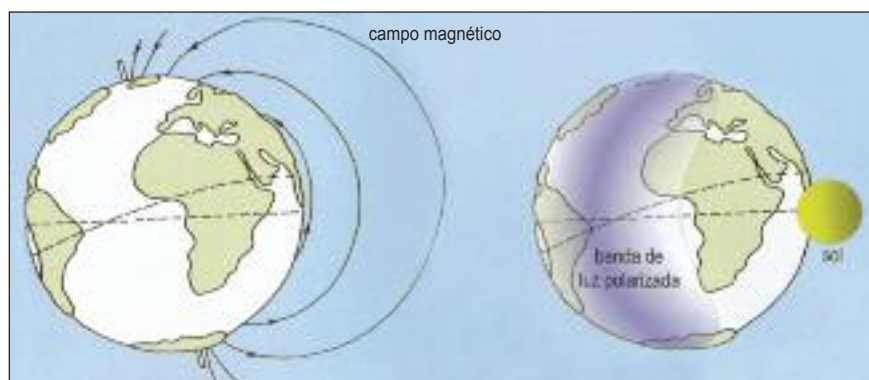
Buen viaje

Es imposible generalizar. No podemos decir “las aves...”, porque las especies son distintas. Algunas tienen más agudos los sentidos de orientación mediante el Sol o mapas estelares, y otras, mediante magnetismo. Otras especies, en cambio, los han perdido por falta de uso, tal como ocurre en los mamíferos, entre los que nos encontramos nosotros. Pero lo que sí sabemos es que muchas especies de aves miran también el cielo. Nosotros lo hacemos por necesidad y curiosidad. Las aves que migran observan el cielo por necesidad, pero ¿cómo podemos estar seguros de que no sienten también curiosidad y cierto orgullo al llegar al destino, después de sortear innumerables peripecias en su largo camino migratorio? ■

* **Roberto Ares**, graduado en Ingeniería, se dedica al estudio autodidacta de las ciencias físicas y biológicas. Ha publicado varios libros, entre los que se destacan “Aves, Vida y Conducta”, “Birds of The Pampa” y “Vida en Evolución” (coautoría con el paleontólogo Sebastián Apesteguía). En la actualidad, también se dedica a la producción de documentales sobre vida y conducta de las aves: www.laculturadelasaves.com.ar. (Página del autor: www.robertoares.com.ar. Libros sobre naturaleza: www.vmeditores.com.ar).

1 Paseriforme: gran orden que abarca más de la mitad de las especies de aves. Son las que tienen “forma de pájaro”, las típicamente pequeñas y cantoras.

2 Los criptocromos son fotorreceptores de luz azul y violeta.



Las líneas del campo magnético y el efecto de la luz polarizada son algunas de las herramientas utilizadas por las aves en las migraciones.



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.