

SI MUOVE

NÚMERO 9 - PRIMAVERA 2014



Cosmic (Colisiones Cóslicas) Collisions

Con la narración de Luis Brandoni

Dinámicas y deslumbrantes, las *Colisiones Cóslicas* son fuerzas universales tanto destructivas como creativas. Han cambiado el mapa del Cosmos y han dado nacimiento a nuevas estrellas y nuevos mundos por millones de años. Producido por el **Museo Americano de Historia Natural** (AMNH) con la colaboración de la **NASA**, este espectáculo se presenta ahora en el **Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei**. Se produjo un Universo digital con una base de datos sin precedentes con más de tres mil millones de estrellas y visualizaciones de astrofísica de las mejores instituciones del mundo. *Colisiones Cóslicas* proporciona una visión extraordinaria de estos eventos catastróficos y constructivos que han dado forma a nuestro mundo y al universo.

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



Buenos Aires Ciudad

EN TODO ESTÁS VOS

SI MUOVE

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

NÚMERO 9 - PRIMAVERA 2014

STAFF

Editora Responsable / Directora
LIC. LUCÍA CRISTINA SENDÓN

Director Periodístico
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

Director de Arte / Diseño Gráfico
ALFREDO MAESTRONI

Secretario de Redacción
MARIANO RIBAS

Redactores de esta edición
CARLOS ALBERTO COLAZO
SEBASTIÁN APESTEGUÍA
ROBERTO ARES
MARCELA LEPERA

Colaboradores
Juan Carlos Forte, Carlos Di Nallo,
Andrea Anfossi, Omar Mangini,
Leonardo Julio, Ignacio Díaz Bobillo,
Enzo de Bernardini, Ezequiel Bellocchio,
Alejandro Tombolini, Cristian López,
Adriana Fernández, Alejandro Antognoni.

Correctores
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

Foto de Tapa
Eclipse de Luna del 15 de abril.
Autor: Enzo de Bernardini.

Agradecimientos
H. Santiago Druetta, Daniel Boh.
ESO, NASA, ESA, ASI.

Administración
GRACIELA VÁZQUEZ
MARCELA BARBIERI

Impresión
4 COLORES S.A. - PRINTERRA
Santa Elena 938 CABA / Tel. 4301-1139

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



Ministerio de Cultura

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



Cristian López.

EDITORIAL

El comienzo de la primavera nos encuentra en un momento intenso de nuestra institución, no sólo por lo pasado, con cosas muy buenas y otras no tanto, sino también por lo que se viene. Nuestra participación en Beijing, China, en el Encuentro de la *International Planetarium Society* (IPS), máximo organismo que nuclea a la mayoría de los planetarios del mundo, fue altamente enriquecedora. Conocer las últimas tecnologías, los mejores espectáculos, los museos de ciencia más avanzados y sus actividades, resultó de gran aprendizaje para mejorar nuestra forma de producir espectáculos y fue altamente inspirador para la incorporación de nuevas metodologías y actividades. Fue bueno comprobar que la actualización tecnológica de nuestro Planetario nos posibilita compartir los mismos espectáculos con los planetarios más modernos y visitados del mundo, como también llevar los nuestros a otros países. Entre nuestras primeras producciones digitales, el infantil *Una de piratas* es solicitada por varios planetarios extranjeros, mientras que *Tango 360* fue presentada en el Planetario de Hamburgo, Alemania.

Por otra parte, durante las vacaciones de invierno se batieron récords de asistencia, con 70.000 visitantes. A las ocho funciones diarias que ofrecimos, le sumamos la muestra interactiva *El Exploratorio*, del Ingeniero Joaquín Fargas, observaciones por telescopios y actividades educativas en la carpa *Experiencia Universo*. Resulta alentador que durante un período de recreación el público siga eligiendo nuestras actividades educativas. Vale la pena resaltar que todos estos logros fueron posibles gracias al apoyo del Ministerio de Cultura, que no sólo respaldó nuestras iniciativas sino que propició la llegada de nuestros espectáculos a Europa.

Este invierno nos trajo también mucha tristeza. Es que el pasado 9 de agosto murió Leonardo Moledo, quien fuera Director del Planetario entre 2000 y 2007. Su paso dejó una huella imborrable y marcó un antes y un después en la historia de nuestra institución. Leonardo era un ser especial; a veces, difícil en el trato, pero imposible de ignorar. Despertaba sentimientos ambiguos pero, sobre todo, admiración y respeto por su talento y genialidad. Su palabra hacía pensar; sus ideas, originales, creativas y hasta con un toque de locura, motivaban a quienes lo rodeaban y conducían siempre a propuestas superadoras. Cuando él llegó, fue toda una revolución. Lo que antes estaba bien, ya no lo estaba. ¿Por qué seguir haciendo las mismas cosas cuando se podían hacer otras y muchas más? Los primeros tiempos fueron difíciles y conflictivos, con prejuicios de ambas partes. Pero luego, todo se fue acomodando, y aprendimos a conocernos y a respetarnos.

Fue un gran divulgador, un apasionado de la ciencia y la literatura. *La divulgación científica es la continuación de la ciencia por otros medios*, decía mientras imaginaba nuevas formas de llevarla a cabo. Actividades como observaciones por telescopios, clases magistrales, café científico o planetario para ciegos se iniciaron durante su gestión, y las continuamos haciendo. Todos crecimos un poco con él. Cuántos decidieron seguir sus estudios motivados por Leonardo. Cuántos comenzaron a leer más frecuentemente porque él traía libros y los dejaba al alcance de la mano para que, aunque desaparecieran, alguien los leyera. Gracias Leonardo Moledo, nunca lo olvidaremos. Esta edición está dedicada a su memoria.

Lic. Lucía Cristina Sendón,
Directora Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

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



SUMARIO

4 /// Imágenes astronómicas. 5-8 /// Los anillos de Chariklo. 9-12 /// Planetas con anillos. 13-18 /// Extinción + IVA. 19-29 /// Fotografía astronómica. 30-31 /// Actividades. Triángulo virtuoso. 33-39 /// La Tierra: un planeta de agua, hielo y glaciares. 40-45 /// Galería astronómica.

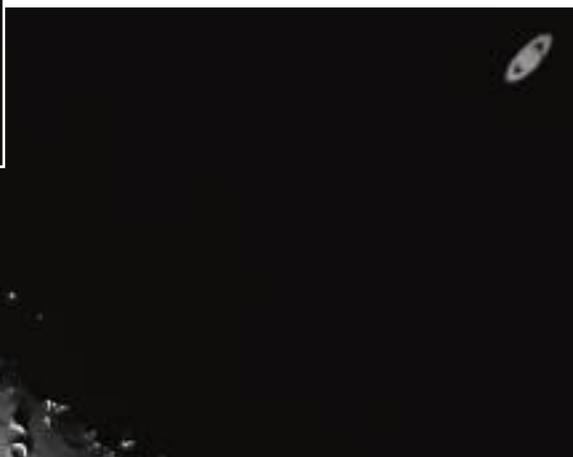
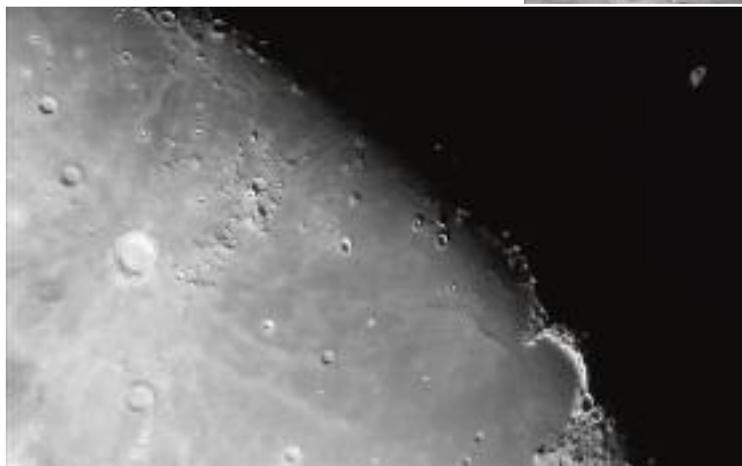


Ocultación de Saturno por la Luna

En la medianoche del lunes 7 al martes 8 de julio se pudo observar desde gran parte de nuestro país una ocultación de Saturno por la Luna, la última de una serie que se dio desde comien-



El 16 de julio, el sitio web APOD, de la NASA, eligió como imagen del día la foto de la izquierda, en la que Saturno parece mordido por la Luna. Curiosamente, según la mitología clásica, Saturno se comía a sus propios hijos.



zos de este año. Como podemos ver en las fotografías tomadas por **Carlos Di Nallo**, el planeta se ocultó por el borde sombreado de la Luna, iluminada en un 76 %, cuatro días antes de la Luna Llena. Entre las 0:05 h y la 1:01 h Saturno permaneció oculto tras la Luna, y la reaparición se dio por el lado iluminado. Las otras tres ocultaciones que se darán este año no resultarán visibles desde nuestro país.

Laboratorio de imágenes

En esta edición dedicamos una buena parte a la fotografía de los objetos que se encuentran en la dirección al centro galáctico, que tan bien pueden verse en las noches de invierno en nuestro hemisferio. Una de las principales características de la astrofotografía es que el resultado final no sólo depende de la “mirada” del autor, o de la belleza del objeto, o de la calidad de la noche. En gran medida, la imagen es el resultado de un largo trabajo de procesado. Para quienes quieran iniciarse en esta tarea existe una nueva página dedicada al procesamiento de imágenes a través del programa *PixInsight*, con videos y tuto-

riales de sus conceptos básicos, que muestran la evolución de cada imagen de principio a fin. Los usuarios la han tomado ya como una referencia de apoyo muy importante y la consultan permanentemente. Parte del material que contiene la página fue originalmente generado para los participantes del *taller de PixInsight*¹ y está disponible en el sitio llamado *PixInsight Resources*².

El sitio ha sido cuidadosamente adaptado para que resulte cómodo de navegar con teléfonos y tabletas. Desde el inicio se puede acceder a las secciones de *Video Tutoriales* y *Ejemplos de Procesamiento*, así

como también a sus últimas actualizaciones. La sección *Video Tutoriales*³ contiene un buscador extremadamente ágil y práctico.

Si miramos algunos de los *Ejemplos de Procesamiento* se podrá ver que muchas de las fotos que publicamos en nuestra revista llevan horas de trabajo, sumadas a la técnica que cada astrofotógrafo le agrega para llegar al resultado final.

1 <http://proximasur.blogspot.com.ar/2014/02/taller-pixinsight-2014.html>

2 <http://pixinsight.com.ar/es/>

3 <http://pixinsight.com.ar/es/docs/>

EL PRIMER SISTEMA DE ANILLOS CONOCIDO EN UN ASTEROIDE

Descubriendo los anillos de Chariklo

Por Carlos Alberto Colazo, Observatorio Astronómico Córdoba, Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba.

Por primera vez, y a través de una serie de observaciones que incluyó la colaboración entre profesionales y aficionados de varios países entre los que se encuentra la Argentina, se descubrió un asteroide con anillos. Hasta el momento, ese curioso “adorno” parecía ser exclusividad de los planetas gigantes y gaseosos. Pero como podemos ver, la investigación del Sistema Solar sigue proporcionando interesantes sorpresas.



ESO - L. Calçada y N. Rissinger.

Una hipotética vista desde el asteroide Chariklo.

Los aficionados a la Astronomía suelen recorrer trayectos diferentes para conocer el universo. La fuerza motriz que los impulsa a las primeras observaciones, a simple vista o con pequeños telescopios, es la belleza que ofrecen los astros. La catarata de preguntas y reflexiones que surgen tras cada observación es la fuente de energía que los hace perseverar en la afición. Muchas veces buscan objetos tan pequeños y pálidos que sólo detectan su presencia con pacientes observaciones y recurriendo a ciertas estrategias y adaptaciones de la vista. Apenas el aficionado puede aho-

rrar algo de dinero, posiblemente se verá tentado a incorporar una cámara fotográfica que le permita lograr lo que los ojos no pueden detectar: detalles, colores y otros objetos imposibles de capturar con la observación visual. En estas épocas, algunos aficionados ya equipados con telescopios y cámaras, buscan desafíos diferentes y comienzan a prestar atención a las variaciones de brillos de algunas estrellas, miden posiciones de cuerpos menores que recorren trayectorias rarísimas en la esfera celeste, o se dedican a observar y medir estrellas dobles para reportar datos. Hay quienes tienen equipos de mayores di-

mensiones y suelen aventurarse a detectar el tránsito de algún exoplaneta frente a su sol, o se proponen determinar el período de rotación de asteroides, para lo que registran las variaciones regulares de sus brillos. Estos aficionados pueden aportar datos útiles a los científicos, quienes muchas veces no disponen de tiempos o equipos suficientes para realizar sus investigaciones.

Ocultaciones asteroidales

Una actividad apasionante, simple y capaz de ser realizada con equipos pequeños, es la observación de ocultaciones de estrellas por as-

teroides. Desde la Tierra vemos a los planetas, cometas y asteroides desplazarse en el espacio delante de un rico fondo de estrellas de variados brillos. Los asteroides son pequeños, especialmente cuando se relaciona sus dimensiones con las enormes distancias a las que solemos verlos. A pesar de ello, es frecuente que algún asteroide se cruce justo delante de una estrella brillante, y que la tape bruscamente durante sólo unos pocos segundos. Si la duración de una ocultación es grande, se puede presumir que el asteroide tiene un tamaño importante, pero dependerá también de la velocidad con la que se desplace. Haciendo este tipo de observaciones es posible calcular el tamaño de los asteroides. Otros eventos interesantes pueden ocurrir durante una ocultación asteroidal: si la “desaparición” de la estrella se produce de manera gradual (y lo mismo ocurre durante la aparición al finalizar la ocultación), eso nos llevará a especular con la posibilidad de la existencia de una atmósfera que rodea al asteroide. Podría ocurrir también un pequeño parpadeo de la estrella antes o después de su ocultación, y eso podría indicarnos la presencia de algún satélite del asteroide, que también ocultó a la estrella. Así, las ocultaciones de estrellas por asteroides pueden proveernos mucha información útil.

Objetos transneptunianos y asteroides centauros

Desde hace varias décadas, grupos de investigación de diferentes partes del mundo

hacen predicciones de ocultaciones asteroidales y convocan a una amplia red de observatorios (profesionales y aficionados) para que observen estos eventos. En estas últimas décadas se están descubriendo nuevas familias de cuerpos menores del Sistema Solar, más allá del ya muy conocido cinturón principal de asteroides, entre Marte y Júpiter. Se están estudiando varios tipos de objetos ubicados más allá de la órbita de Neptuno. Llama mucho la atención una curiosa familia de asteroides que se desplazan entre las peligrosas “carreteras” de los cuatro gigantes del Sistema Solar (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Esos asteroides, llamados centauros, parecen provenir del exterior del Sistema Solar y se encuentran en órbitas inestables por los fuertes “tironeos” gravitatorios a los que los someten los planetas gigantes. Un destino probable para estos intrépidos astros es el de ser lanzados hacia el exterior o hacia el interior del Sistema Solar. Se piensa que varios tomarán órbitas excéntricas interiores a la órbita de Júpiter, y en estos casos se convertirán en cometas periódicos, ya que contienen gran cantidad de hielo en sus superficies.

Ocultación de una estrella por Chariklo

El asteroide (10199) Chariklo es un centauro descubierto en 1997. Orbita entre Saturno y Urano y tarda algo más de 63 años en dar una vuelta completa alrededor del Sol. Con sus más de 250 km de diámetro equivalente¹, es el más grande de la familia de los centauros. La dualidad asteroide-cometa de algunos integrantes de esta familia de cuer-

pos menores hacía sospechar que Chariklo podría presentar algunas eyecciones de material cometario.

Una predicción de un evento que ocurriría en la madrugada del 3 de junio de 2013 y que sería observable desde Sudamérica, permitiría estudiar mejor a este asteroide. Diecisiete observatorios ubicados en Brasil, Uruguay, Argentina y Chile se prepararon para ver la ocultación de una estrella brillante por Chariklo. Como la magnitud del asteroide es muy débil, la caída de brillo de la estrella sería importante (6 unidades en una escala de brillos), lo que motivaba a los observatorios con pequeños telescopios a intentar el desafío. Las incertidumbres en la posición y el momento en que se produciría el fenómeno hacían oportuno que se apuntaran telescopios desde diferentes lugares. Un grupo brasileño, otro español y un tercero de Francia se encargaron de organizar la campaña de observación.

Observación desde Bosque Alegre

El astrónomo argentino René Duffard, quien trabaja en el Instituto Astrofísico de Andalucía, convocó una vez más a un grupo de aficionados que, desde hacía varios años, venía intentando observar ocultaciones de objetos transneptunianos desde la Estación Astrofísica de Bosque Alegre, en las sierras cordobesas. Una secuencia de fracasos había servido de aprendizaje suficiente como para que la planificación de la observación de la ocultación del 3 de junio fuese óptima. La noche estaba despejada y sin Luna, la estrella se encontraba a una altura generosa y la ocultación ocurriría a una hora distanciada de los crepúsculos (03:25 h del tiempo local). Estaban dadas las condiciones para, finalmente, lograr una observación exitosa.

El Director del Observatorio Astronómico Córdoba, Dr. Diego García Lambas, dispuso lo necesario para que Matías Schneider, Raúl Meliá y el autor de este artículo pudiésemos utilizar dos telescopios esa noche: el histórico newtoniano de 1,54 m y un pequeño telescopio de 28 cm, ambos equipados con cámaras CCDs. Configuramos los equipos y, media hora antes de la ocultación, lanzamos las series de centenares de imágenes consecutivas que nos permitirían medir el brillo de la estrella, imagen por imagen. Media hora después de la predicción dejamos de obtener imágenes y construimos la curva de luz para cada telescopio.



Asteroide (10199) Chariklo (1997 CU26)

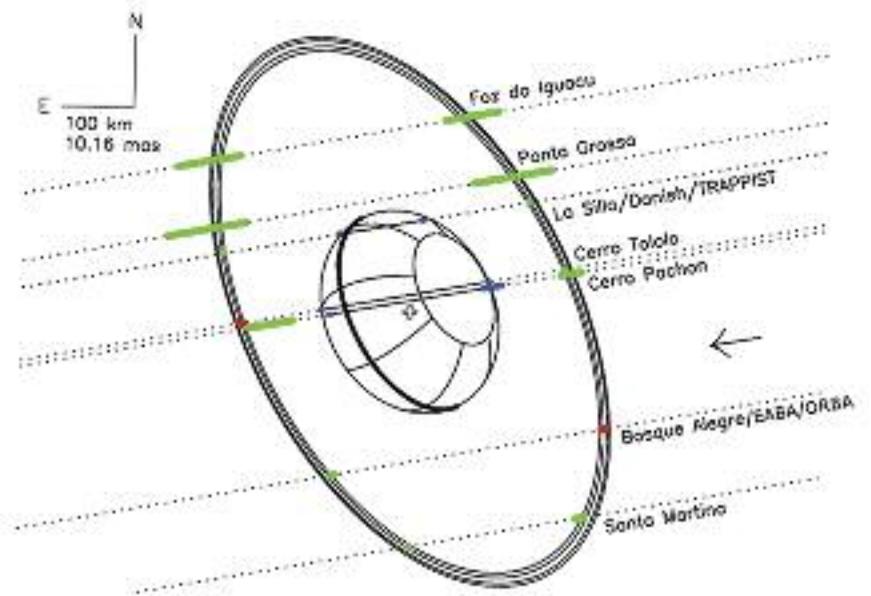
<p>Descubrimiento: 15 de febrero de 1997, por James Scotti. Es el más grande de los asteroides centauros. Diámetro equivalente: 254 km Diámetro ecuatorial: 290 km Diámetro polar: 228 km No tiene satélites ni atmósfera. No se detectó actividad cometaria.</p>	<p>Órbita: Perihelio: 13,0 UA = 1.950.000.000 km Afelio: 18,5 UA = 2.775.000.000 km Excentricidad: 0,17 Inclinación: 23,4° Período: 63,17 años terrestres.</p>
--	---

Mitología: Chariklo es hija de Apolo y esposa de Chirón.

La expectativa era enorme, pero rápidamente sufrimos una nueva decepción: en ninguna imagen se observaba una caída de 6 unidades del brillo de la estrella, lo que nos indicaba que desde Córdoba no se había observado la ocultación de la estrella por el asteroide. En la curva correspondiente al telescopio mayor se separaba de manera contundente un punto que acusaba una disminución de brillo en esa imagen, pero de sólo 0,05 unidades, más de cien veces menos de lo esperado, y no parecía ser producido por el asteroide. El pequeño telescopio también acusaba ese mismo punto, pero como la dispersión de puntos era más importante, no le prestamos mucha atención. No observamos el evento principal, pero parecía que habíamos visto un evento secundario de muy baja disminución de brillo. A fuerza de ser honestos: no le dimos mucha importancia al tema. Reportamos rápidamente lo acontecido al Dr. Duffard, cerramos el observatorio y retornamos nuevamente con una sensación de fracaso.

Observaciones de eventos secundarios desde siete sitios de observación

Los investigadores que coordinaron la campaña recibieron la confirmación de que el evento principal había sido observado sólo desde tres observatorios. Desde siete observatorios (incluidos los tres anteriores) también se reportaron eventos secundarios, como el observado desde Bosque Alegre. Con los primeros reportes de eventos secundarios se pensó en eyecciones cometarias o en posibles satélites del asteroide. Pero a medida que llegaban los reportes, la cantidad



Esquema del asteroide Chariklo ocultando a la estrella. Cada observatorio, colocado en un sitio diferente, tuvo una perspectiva distinta del evento. Así, desde La Silla, Cerro Tololo y Cerro Pachón (los tres en Chile), pudieron observar tanto la leve caída en el brillo de la estrella provocada por los anillos del asteroide (antes y después), como la ocultación de la estrella. Desde los otros cuatro observatorios (incluyendo el de Bosque Alegre, Córdoba), se pudieron observar sólo los eventos secundarios producidos por los anillos de Chariklo.

de pequeñas detecciones –antes y después del evento principal– se sumaban. Por las perspectivas diferentes, dadas por las posiciones distintas de los observatorios en la superficie terrestre, las detecciones debían referirse a objetos diferentes entre sí. Algo sorprendente ocurrió cuando se calcularon las posiciones de esos pequeños objetos: todos parecían acomodarse en forma de un collar elíptico centrado en el asteroide. La cantidad de detecciones desde los 7 sitios (13 de 14 posibles detecciones simétricas) hacía entender que, si se hubiese dispuesto de más observatorios en lugares adecuados, la secuencia de puntos detectados hubiese sido mayor, tanta que resultaba evidente que **estábamos ante la presencia de un anillo continuo de materia alrededor del asteroide**. Un día después del evento, la euforia se transmitió por Internet entre todos los participantes de la investigación.

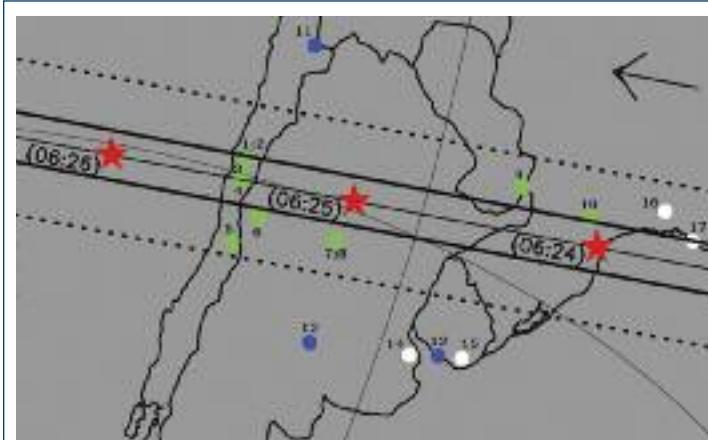
Sistema de dos anillos

Una de las sorpresas del análisis de datos es que no se trata de un solo anillo. Las observaciones con un telescopio de 1,54 m del Obser-

vatorio La Silla (ESO) en Chile, revelaron que el material está ordenado en forma de dos anillos separados por un espacio vacío, a modo de la conocida División de Cassini en el sistema de anillos de Saturno². La explicación de una disposición de estas características suele estar vinculada a la presencia de un satélite “pastor” (no descubierto aún) que sería el responsable de ordenar las partículas, separándolas en dos regiones por un fenómeno físico denominado “resonancia gravitatoria”. La detección se produjo gracias a la utilización de una cámara rápida que obtuvo imágenes de sólo 0,1 segundos de exposición, casi sin tiempos muertos entre ellas. El ancho y el espesor de cada anillo se pudieron determinar gracias a los detalles revelados también por el telescopio de La Silla. La única confirmación del ancho total del sistema de anillos se pudo hacer con una observación negativa del telescopio de 1,54 m de Bosque Alegre, Córdoba. La parte del anillo no detectada por ese telescopio, transitó durante los 0,56 segundos que necesita la cámara fotográfica para cerrar el obturador, hacer la lectura de la imagen y abrir nuevamente el obturador. En ninguna de las imágenes contiguas a ese intervalo se observaron variaciones de brillo de la estrella, de lo que se deduce que no se ha detectado material de los anillos en esas dos imágenes. Esta



Si apoyamos a Chariklo en la ciudad de Córdoba, las localidades de Deán Funes, Tuclame, Villa Dolores, Hernando, El Arañado y La Para estarían justo debajo de los bordes del asteroide. Los anillos serían circunferencias que pasarían por las ciudades de Santiago del Estero, Chilecito, San Juan, Realicó y San Nicolás.



Puestos de observación.

Verde: observación positiva. Azul: observación negativa. Blanco: cielo nublado.

Observatorios que participaron de la observación de Chariklo

- Observatorio, país y equipo
- 01 La Silla (Chile) – Danish (154 cm)
- 02 La Silla (Chile) – TRAPPIST (60 cm)
- 03 Cerro Tololo (Chile) – PROMPT (40 cm)
- 04 Cerro Pachón (Chile) – SOAR (400 cm)
- 05 Santa Martina (Chile) – M16 (40 cm)
- 06 Cerro Burek (Argentina) – ASH (45 cm)
- 07 Bosque Alegre (Argentina) – EABA (154 cm)
- 08 Bosque Alegre (Argentina) – ORBA (28 cm)
- 09 Foz do Iguaçu (Brasil) – C11 (28 cm)
- 10 Ponta Grossa (Brasil) – RCX 400 (40 cm)
- 11 S. P. de Atacama (Chile) – Planewave (50 cm)
- 12 Santa Rosa (Argentina) – El Catalejo (20 cm)
- 13 Montevideo (Uruguay) – OALM (46 cm)
- 14 Buenos Aires (Argentina) – Nublado
- 15 Aigua (Uruguay) – Nublado
- 16 Itajubá (Brasil) – Nublado
- 17 Río de Janeiro (Brasil) – Nublado

Importancia del descubrimiento

Hay dos razones que hacen que éste sea uno de los descubrimientos más importantes de los últimos tiempos en el Sistema Solar. Una es que éste es el tercer anillo descubierto desde la Tierra y el quinto del Sistema Solar. Hasta ahora, los anillos planeta-

casualidad resultó ser muy importante, porque ayudó a confirmar que el ancho total de los anillos no podía superar los 20 ó 25 km. Del procesamiento de la información se pudo saber que los dos anillos están sobre un mismo plano inclinado, unos 34° visto desde la Tierra. El anillo interior tiene un diámetro de 782 km, mientras que el exterior es de 810 km. Los anchos son de 7 y 5 km, y sus espesores son de 2,5 y 0,3 km, respectivamente. Entre los anillos hay un espacio vacío de 8,5 km.

Si comparamos distancias en el territorio nacional con las dimensiones de Chariklo y sus anillos, y si colocáramos al asteroide en la ciudad de Córdoba, toda la región central de esa provincia quedaría bajo su sombra, con una superficie mayor a la provincia de Tucumán. Los anillos –colocados paralelos al suelo– serían circunferencias que pasarían por las ciudades de Santiago del Estero, Chiclecito, San Juan, Realicó y San Nicolás.

Origen y composición de los anillos

Se cree que los anillos de Chariklo están compuestos por hielo de agua, quizás, con pequeñas rocas, algo que se investigará en el futuro. Se estima que la masa combinada del anillo es equivalente a la de un cuerpo helado de 4 km de diámetro. Entre 1997 y 2008 se detectó que las mediciones de agua en Chariklo fueron decreciendo, y eso es consistente con la deducción de que el anillo debió estar de canto en el año 2008. Se especula con la hipótesis de que el anillo es anterior a un proceso de migración desde la región exterior del Sistema Solar hasta la órbita actual, hace 10 millones de años como máximo. Su origen pudo haber sido producido por el impacto de un objeto con el mismo Chariklo

o con algún satélite del asteroide, y los escombros pudieron haber quedado confinados en esos anillos.

A partir de este descubrimiento se da por tierra con la noción de que la formación de anillos sería algo exclusivo de los planetas gigantes. No obstante, dado que es la primera vez que se realiza una observación de este tipo, no es posible saber aún si los anillos de Chariklo constituyen un caso aislado o si estamos ante la presencia de un fenómeno común en los cuerpos menores del Sistema Solar. Este sorprendente descubrimiento iniciará la búsqueda de anillos en asteroides, satélites, planetas enanos y hasta en cometas. También se tratará de entender la dinámica que los formó.

Publicación en la revista científica Nature

La predicción del evento, la campaña de observación, el procesamiento de datos y la elaboración del artículo científico involucró a más de 60 personas de muchos países de diferentes continentes. Se pidió a todos que guardemos prudente silencio para intentar publicarlo en una de las revistas científicas más importantes: *Nature*. Esta revista rechaza el 95% de los artículos que se proponen para su publicación y exige, como es la práctica en estos casos, un embargo sobre la información para que la revista tenga la exclusividad de dar a conocer la noticia. Diez meses después del descubrimiento, el artículo llenó cuatro páginas de la versión impresa de *Nature*.

El *paper* del descubrimiento de los anillos de Chariklo se puede obtener en: <http://www.nature.com/nature/journal/v508/n7494/full/nature13155.html>

rrios se habían encontrado exclusivamente en torno a los cuatro planetas gigantes. Gracias a observaciones realizadas desde la Tierra, se pudieron descubrir los anillos de Saturno (en 1610) y Urano (en 1977). Durante las aproximaciones de las misiones espaciales Voyager 1 y 2 se descubrieron los anillos de Júpiter (en 1979) y Neptuno (en 1989). La otra razón es que a ningún planeta sólido (Mercurio, Venus, Tierra y Marte), ningún planeta enano (Plutón, Ceres, Eris, Make-make y Haumea) y a ninguno de los casi 650.000 cuerpos menores conocidos (asteroides, objetos transneptunianos y cometas), se le ha detectado un anillo con anterioridad. Chariklo es el primer cuerpo menor al que se le descubren anillos, y eso es lo que sorprendió a la comunidad científica. ■

1 Se toma el diámetro “equivalente” del asteroide ya que no es exactamente esférico.

2 En realidad, no es que sea “vacío” absolutamente, sino que es un sector entre los anillos principales donde el material es sumamente escaso.

El autor: **Carlos Colazo** es docente de escuelas secundarias de la provincia de Córdoba: profesor de matemáticas, física y cosmografía e ingeniero mecánico; propietario del observatorio El Gato Gris de Tanti; co-fundador de la Red de Aficionados a la Astronomía y de la Asociación de Observatorios Argentinos de Cuerpos Menores; coordinador del Grupo de Astrometría y Fotometría del Observatorio Astronómico Córdoba. Observa y reporta: astrometrías de estrellas dobles (Revista: El observador de Estrellas Dobles) y de cuerpos menores (*Minor Planet Center*, códigos: I19, 821, 822 y X13), períodos de rotación de asteroides (Revista: *Minor Planet Bulletin*), mínimos de estrellas variables eclipsantes y tránsitos de exoplanetas (*Variable Star and Exoplanet Section of Czech Astronomical Society*) y ocultaciones de estrellas por asteroides y TNOs (Revista *Nature*).

Mundos con anillos

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

Hace apenas unas décadas, cuando los anillos de Saturno ya no eran un misterio para los astrónomos, llegó una triple novedad: Júpiter, Urano y Neptuno también tenían anillos. Modestos y oscuros, es cierto, pero los tienen. Por eso, a esta altura, ya no podemos hablar de “el” planeta de los anillos, sino de cuatro de ellos. Vamos a echarle una mirada al pasado, remoto y cercano, para conocer la historia, la naturaleza y el funcionamiento de estas maravillas de la arquitectura natural que, hasta hace poco, sólo parecía reservada para los planetas.



NASA, ESA, ASI

Los anillos de Saturno observados desde la sonda Cassini, más la vista del satélite Titán.

Cada vez que alguien observa por primera vez a Saturno con un telescopio, suele decir algo así: “No lo puedo creer... parece un dibujito”. La sensación de perplejidad y hasta de incredulidad aflora con total espontaneidad. Y se entiende: por un momento dejamos lo cotidiano, nos hundimos en el ocular del telescopio y nos quedamos bien solos frente a un mundo color caramelo rodeado de un anillo blanco, casi plateado, que flota a su alrededor. Nos golpea y nos emociona. Ocurre la primera vez, la segunda y cada vez que volvemos a su encuentro, pasan diez o veinte años. El asombro no tiene fecha de vencimiento. Claro, estamos frente a uno

de los máximos íconos de la Astronomía: el famoso planeta de los anillos. Ésa fue la clásica etiqueta que durante siglos llevó pegada el sexto planeta del Sistema Solar. Siglos que vieron pasar largas filas de desconcertados astrónomos que intentaron explicar el misterio de esa suerte de adorno planetario. El mismísimo Galileo, hace poco más de cuatrocientos años, apenas llegó a adivinarlos...

Las “orejas” de Saturno

En 1609, Galileo Galilei inició un revolucionario viaje por el cielo, de la mano de un reciente invento holandés que él mismo había mejorado. Con su rudimentario telescopio, Galileo descubrió los cráteres de la

Luna, las fases de Venus, los cuatro grandes satélites de Júpiter y la estructura estelar de la Vía Láctea. Y algo más: al año siguiente observó a Saturno con un instrumento de 30 aumentos. Galileo quedó perplejo porque el planeta parecía ovalado, y hasta por momentos creyó ver algo que describió como “orejas”. Sí, eran los anillos, pero no llegaban a resolverse con un telescopio tan precario. Galileo sospechó que podían ser dos lunas, a ambos lados de Saturno, cosa nada rara si tenemos en cuenta que ya había observado las lunas de Júpiter. Sin embargo, en 1612 observó algo rarísimo: las “orejas” habían desaparecido. “Acaso Saturno se ha devorado a sus propios hijos. No sé qué decir ante un caso



NASA.

La mejor imagen existente de los pálidos anillos de Júpiter, lograda por la nave Voyager 1 en 1979.

tan sorprendente, tan extraño y tan nuevo”, escribió Galileo. Y no fue el único, porque otros astrónomos de comienzos del siglo XVII también se quedaron sin palabras. ¿Qué eran las “orejas” de Saturno, y por qué habían desaparecido?

La revelación

La respuesta llegó en 1655, cuando el gran científico holandés Christiaan Huygens observó al planeta con telescopios mucho mejores que los que usaba Galileo, y que él mismo había construido (además de brillante matemático y astrónomo, Huygens era óptico). Así describió y dibujó lo que vio: “*un delgado anillo plano, libre e inclinado*”. Y además de este sensacional descubrimiento, Huygens resolvió el misterio de las “orejas” desaparecidas: el holandés razonó que debido a los propios movimientos de la Tierra y de Saturno en torno al Sol, y a la cambiante orientación de los anillos vistos desde aquí, de tanto en tanto, quedaban de perfil. Entonces, se hacían invisibles.

Es exactamente así. Pero nadie es perfecto: Huygens creyó, erróneamente, que los anillos de Saturno eran un disco sólido, y eso no podía ser, porque una estructura sólida y tan fina, difícilmente podría resistir las tensiones del giro alrededor del planeta. Pero hacia 1675, el franco-italiano Giovanni Cassini, director del Observatorio de la *Académie Royale des Sciences* de París, salió del apuro: el anillo sólo podía ser un “*enjambre de diminutos satélites*”, partículas que orbitan a Saturno de a montones y de forma independiente. Era el

acertado modelo del “anillo corpuscular”. Además de resolver lo esencial de la arquitectura anular de Saturno, Cassini detectó una aparente “zanja” en los anillos —observable hoy en día con telescopios de aficionados— que desde entonces quedó inmortalizada como la División de Cassini.

Estructuras complejas

Las confirmaciones teóricas y observacionales recién llegaron a mediados del siglo XIX. En 1848, el francés Edouard Roche calculó que a cierta distancia del centro de un planeta (2,5 radios) la marea gravitatoria destruiría a un eventual satélite, o bien, impediría su formación a partir de fragmentos menores. Esa región teórica se llama, desde entonces, Límite de Roche. Y dado que los anillos abarcaban esa zona, no podían ser cosas macizas.

Unos años después, James C. Maxwell aportó lo suyo: “*El único sistema de anillos que puede existir es uno compuesto, formado por un número indefinido de partículas, no conectadas, girando alrededor del planeta, a diferentes velocidades según sus distancias*”.

La prueba observacional más categórica apareció en 1895, cuando estudios espectroscópicos de los anillos de Saturno, a manos del astrónomo norteamericano James Keller, demostraron que, efectivamente, estaban hechos de fragmentos que se movían a distintas velocidades, siempre sobre el plano ecuatorial de Saturno, como si fueran micro-lunetas (en realidad, lo son).

A la luz de todo esto, no resultaban raras las

observaciones que habían revelado ciertas estructuras en el anillo (en realidad no era uno, sino varios), y que fueron designadas con letras: el más interno y oscuro es el C; el más ancho y brillante, el B; y el más externo, el A. Estos son los anillos “clásicos” que pueden verse con telescopios pequeños y medianos, y miden casi 300.000 km de diámetro. Pero como veremos, con el correr de las décadas se descubrieron varios más.

Hielo y rocas

Un siglo atrás, nadie dudaba de que no había “un” anillo de Saturno, sino varios, y que estaban formados de multitudes de fragmentos en órbita. Pero, ¿qué eran esos fragmentos? Mediante estudios espectroscópicos daba la impresión de que eran mayormente pedacitos de hielo. Por eso, los anillos de Saturno son blancos y tan brillantes: el hielo refleja muy bien la luz solar. En menor medida, están formados también de rocas y polvo. Con la llegada de las sondas espaciales, lógicamente, el panorama quedó mucho más claro. Saturno fue visitado por el Pioneer 11 en 1979, y por las Voyager 1 y 2 en 1980 y 1981 respectivamente. Además de sobrevolar el planeta y varias de sus lunas, estas naves observaron muy de cerca los anillos, y revelaron una sorprendente estructura a modo de surcos de un disco de vinilo. No había un anillo, ni tres, ni diez. En realidad, los anillos conocidos desde la Tierra estaban formados por miles de anillitos muy finos, como cuerdas independientes. Era un mar de polvo y pedazos de hielo y roca, del ta-

maño de una pelota, y algunos, tan grandes como casas o edificios, todos girando a distintas distancias y velocidades, e interactuando gravitatoriamente, acelerándose o frenándose.

Aquellas sondas pioneras también descubrieron lunas “pastoras”, que mantienen esas “cuerdas” de materia dentro de ciertos carriles; y que la famosa División de Cassini no era una zanja, sino que estaba rellena de anillitos finos y oscuros. También encontraron nuevos anillos, como el finísimo F, que está por fuera del A, o los aún más externos y difusos G y E, que se ubican a 400.000 kilómetros del centro del planeta (la misma distancia que hay de la Tierra a la Luna). Incluso hay anillos más allá, como los que fotografió, hace unos años, la sonda Cassini de la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA). Increíblemente, semejante estructura, que en conjunto ronda el millón de kilómetros de diámetro, tiene un espesor medio de 10 a 100 metros. Nada. Por eso “desaparece” cuando queda de perfil, visto con los telescopios terrestres. El sistema de anillos de Saturno era mucho más grande, complejo y sorprendente de lo que jamás hubiesen imaginado Huygens, Cassini o Maxwell. Pero no eran los únicos.

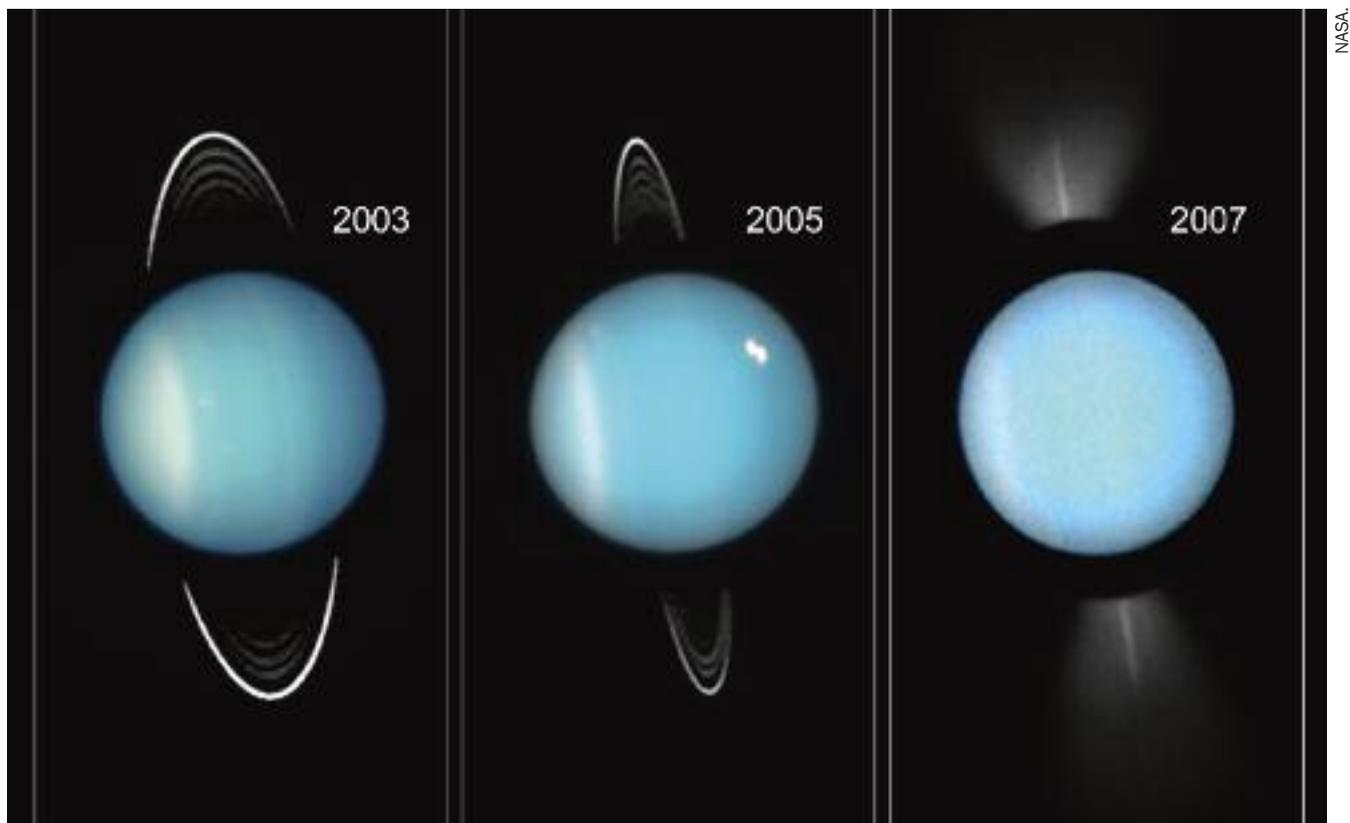
Urano y Júpiter, también

El descubrimiento de los anillos de Urano es verdaderamente curioso. El 11 de marzo de 1977, un grupo de astrónomos del Instituto de Tecnología de Massachussets se subió a un monumental avión militar (un Lockheed C141 Starlifter), devenido en observatorio volante, para registrar una “ocultación” muy especial: Urano pasaría delante de una estrella, y eso podía aportar datos sobre la atmósfera exterior del planeta. Pero resulta que media hora antes del raro eclipse, la estrella en cuestión parpadeó varias veces, como si “algo” la hubiese tapado una y otra vez. Luego de analizar los datos, los científicos arriesgaron una explicación: probablemente, Urano tenía anillos. Nueve, puntualmente. Evidentemente, debían ser mucho más finos y pálidos que los de Saturno, porque jamás se habían visto con certeza, ni siquiera con los más grandes telescopios. (Existen versiones que indicarían que William Herschel, el descubridor de Urano, pudo haberlos visto, con mucha dificultad, a fines del siglo XVIII. En ese caso, y por razones que no están claras, los anillos debían ser más brillantes que ahora).

La espectacular confirmación llegó en 1986, cuando de paso por Urano, la Voyager 2 los

fotografió. Además, la imbatible nave de la NASA —que seguiría viaje a Neptuno— descubrió otros dos. Son 11 anillos en total, todos muy oscuros y delgados. El más importante se llama Epsilon, y su ancho varía de 20 a 90 kilómetros. A diferencia de los de Saturno, los escualidos anillos de Urano parecen estar hechos principalmente de rocas y polvo, negros como el carbón.

Si Saturno los tenía y Urano, muy a su modo, también, el gran Júpiter no podía quedarse atrás: en 1979 y tras una única y larga toma fotográfica (con una exposición de 11 minutos), la Voyager 1 descubrió los anillos jovianos. Enseguida, su gemela, la Voyager 2, volvió sobre ellos. El anillo principal está a unos 125.000 km del centro de Júpiter, tiene 7000 km de ancho y abarca las órbitas de las lunas Adrastea y Metis. A partir de su borde interno, nace una especie de plato de polvo, muy difuso, que llega hasta mitad de camino al planeta. Y hacia afuera del principal, hay otros dos anillos también nada vistosos. Mediante una batería de técnicas diferentes, los astrónomos averiguaron que los anillos de Júpiter están compuestos básicamente de finos granos de polvo de silicatos. En suma: una tristeza total.



Los anillos de Urano observados por el Telescopio Espacial Hubble.



Los anillos de Neptuno obtenidos desde la nave Voyager 2 en 1989.

Los “arcos” de Neptuno

La última sorpresa anillada del Sistema Solar fue Neptuno. Ya en 1984, y mediante la ocultación de una estrella por el octavo planeta (algo similar a lo ocurrido con Urano en 1977), astrónomos estadounidenses y franceses detectaron ciertos indicios de un anillo “incompleto”, como arcos desconectados, a más de 50.000 km de Neptuno. Una vez más, fue la Voyager 2 la máquina que reveló el cuadro completo: en su breve sobrevuelo del 25 de agosto de 1989, la nave descubrió cuatro anillos, todos muy finos y oscuros. Los dos más notables están a 53 mil y 63 mil km del planeta. El más externo no es parejo, sino que tiene tres tramos más gruesos que el resto del anillo. Esos arcos, justamente, eran los que habían sido “adivina-dos” previamente. Ante semejante estructura, científicos de la NASA hablaron de ese anillo como una “ristra de salchichas”. Todo indica que esos arcos son zonas de “equilibrio” del anillo externo, lugares donde se ha acumulado más material —roca y polvo— debido al juego gravitatorio con una luna del planeta.

Orígenes y evolución

Prácticamente desde su descubrimiento, los astrónomos se preguntaron acerca del origen de los anillos de Saturno. El mismo planteo



Los dibujos de Saturno que realizó Galileo Galilei en 1610, 1616 y 1623, sin poder descubrir la naturaleza de los anillos.

podríamos extenderlo a los más recientes descubrimientos de los anillos de Urano, Júpiter y Neptuno. Una posibilidad es que sean tan viejos como los planetas mismos, y que se hayan formado con materiales que nunca llegaron a construir lunas, en buena medida, por encontrarse dentro del famoso Límite de Roche. El problema con este modelo, conocido como “teoría de la acreción”, es que los anillos no pueden ser tan viejos, ni estar siem-

pre iguales, porque se “gastan” con el correr de los millones de años. La propia dinámica gravitatoria, las colisiones e, incluso, la presión de los fotones de luz solar, terminarían por barrer todo el polvo, o lanzarlo hacia el planeta. Por lo tanto, el polvo, el hielo y las partículas que forman los anillos no pueden ser muy viejos. Seguramente, se renuevan mediante uno o varios mecanismos, como el bombardeo meteorítico sufrido por ciertas lunas, los choques entre ellas o, incluso, su destrucción total (ya sea por colisiones o al atravesar el fatal Límite de Roche). Este modelo, más destructivo, suele etiquetarse como “teoría de la fragmentación”. Probablemente, los fabulosos anillos de Saturno y los mucho más humildes que acompañan a Júpiter, Urano y Neptuno, se hayan originado por una sumatoria de factores muy diversos, que incluyen también erupciones volcánicas de algunas de sus lunas (como Ío en Júpiter, o Encelado en Saturno), e incluso, por causas que ni siquiera se sospechan.

A más de cuatrocientos años de las “orejas” de Saturno, muchas cosas han cambiado. No hay “un” planeta anillado, sino cuatro. Y aunque esas magníficas estructuras planetarias aún no nos hayan entregado todos sus secretos, no es poco lo que sabemos. Sin embargo, al ver las imágenes de aquellos lejanos mundos con anillos, vuelve a surgirnos aquel sentimiento inicial: cuesta creerlo. Parecen *cuatro* dibujitos. El asombro no tiene fecha de vencimiento. ■



Una página del libro *Systema Saturnium*, de Cristiaan Huygens, de 1659, y un sello postal de Granada.



EXTINCCIONES EN TIEMPOS GEOLÓGICOS

Extinción + IVA: las cinco grandes

Por Sebastián Apesteguía, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, CEBBAD (CONICET), Universidad Maimónides.



Autor: H. Santiago Druetta (2014, técnica 2D digital).

Reconstrucción de posibles impactos durante el Pleistoceno en Río Cuarto, Córdoba. Se representa la fauna fósil que habitó la zona hace 10.000 años: en primer plano, el perezoso terrestre Scelidotherium, y de fondo, los gliptodontes.

En la edición N° 6 de **Si Muove** hablamos de las extinciones como parte de la naturaleza. Las causas son numerosas, pero en todas, los factores destacables son la alta velocidad a escala geológica en la que el evento tiene lugar; una recuperación lenta, consecuencia de la devastación de los ecosistemas; y una verdadera explosión posterior en la biodiversidad: una renovación, una mezcla y nueva ronda de naipes, pero en la que los naipes que se fueron, se fueron, y no hay naipes nuevos. No hay creación. A lo largo de la historia de la vida en la Tierra se han identificado cinco eventos de extinción masiva, a los que se conoce como “las cinco grandes”. Pero no son los únicos. Aquí detallaremos las principales características de cada uno de ellos y evaluaremos si estamos frente a un nuevo acontecimiento: la sexta gran extinción.

A pesar de que las extinciones en masa tienen una importancia comparable a la de la selección natural en su papel de disparadores de la biodiversidad, esto se debe exclusivamente a la capacidad de supervivencia que tiene la vida frente a gra-

ves problemas que afectan a la biosfera como un todo. No importa de qué organismos se trate, ni si las especies se hallaban adaptadas a su entorno. Es la contingencia la que determina los sobrevivientes, es decir, un poco de las características propias, pero mucho de azar.

Las características de las especies van a tener mayor importancia en el momento siguiente al evento de extinción. Además, aún cuando hayan pasado varios miles o millones de años, los efectos de la extinción pueden ser letales. Generalmente, un porcentaje de los supervivientes se extin-

gue en la etapa de relajación, unos 5 a 10 millones de años (Ma) después, tras pasar por un cuello de botella en su diversidad. A partir de los pocos sobrevivientes se reintegrará la población, pero se encontrará ante una diversidad genética muy pobre, susceptible a cualquier enfermedad. Se la conoce como “la extinción del día después”.

Catástrofes y creaciones

Las grandes catástrofes se hallan descritas en todos los libros sagrados de las distintas culturas que, en general, las atribuyen a la actividad de las deidades. Pero Jenófanes de Colofón (-570 -470) interpretó evidencias de antiguas inundaciones como fenómenos naturales. Diluvios, incendios, plagas, temblores y demás catástrofes han sido siempre mucho más fáciles de demostrar que los cambios graduales o sutiles.

El naturalista francés Georges Cuvier (1769-1832) contabilizó unas 33 creaciones para explicar el registro fósil, sin dudar jamás de la veracidad o interpretación literal de la Biblia. En una sociedad mucho más influenciada por la religión, las primeras explicaciones científicas para las extinciones incluían catástrofes y “creaciones”.

El concepto de que habían existido faunas diversas que se sucedían encadenadas a épocas precisas fue explorado por Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), un héroe desacreditado, propulsor del “transformismo” cuando casi todos eran “creacionistas”.

Por su parte, Charles Darwin (1809-1882) y los “gradualistas” explicaron la acumulación de extinciones en determinados momentos de la historia geológica diciendo que aumentos del ritmo evolutivo generaban nuevas especies mejor adaptadas al ambiente, que competían y eliminaban a las entonces existentes en gran cantidad. Era un proceso gradual, no catastrófico. Las catástrofes se asociaban a lo divino y representaban un paso atrás en nuestro entendimiento del mundo.

Hacia 1980, el equipo de Walter y Luis Álvarez, tras estudiar una marca de iridio en las arcillas del límite K/P en Gubbio, Italia, propuso que la caída de un asteroide había sido responsable de la extinción de los dinosaurios. Este descubrimiento abrió las puertas a un nuevo catastrofismo no relacionado a “creaciones”. También se proponían otros mode-

los de extinción ligados a un aumento del vulcanismo, cambios climáticos y ambientales, virus, envenenamiento por flores y regresiones marinas.

0) La extinción “0” o la crisis del oxígeno (hace 2100 Ma)

Los primeros seres vivos, todos unicelulares, se diferenciaron en tres tipos básicos: las bacterias, que incluían formas capaces de utilizar la luz y de procesar oxígeno; las arqueas, frecuentes en zonas donde otros organismos no podían vivir; y los “eocariotas”, poseedores de membranas muy dinámicas. Todos ellos, organismos procariotas o **procariontes**, es decir, que tienen su material genético en pleno contacto con el resto de las estructuras celulares, a diferencia de los actuales **eucariotas**, que lo presentan encerrado en una membrana doble.

Algunos de esos primeros organismos tenían un metabolismo por el cual desechaban al aire metano y sulfato. Otras, como las bacterias conocidas como plástidos, recibían su energía de la luz solar y despedían como desecho oxígeno, una sustancia bastante peligrosa para los organismos. La diversificación de los procariotas incluyó formas pluricelulares, hoy inexistentes, como las halladas en Camerún, de 2500 Ma de antigüedad. Al acumularse grandes cantidades de oxígeno en la atmósfera, se produjo la primera gran extinción, que eliminó al 99% de la vida en la Tierra y dejó sobrevivientes, arqueas y bacterias anaeróbicas, en las zonas donde el oxígeno no llega (como fondos de lagos), y que luego colonizarían los intestinos de los animales.

También sobrevivió una variedad de bacterias mutantes capaces de usar el oxígeno para respirar: las **bacterias aeróbicas**, y el grupo que englobaba cosas, el de los “eocariotas”, que englobó bacterias capaces de procesar oxígeno, que hoy conocemos como mitocondrias y que viven en el interior de las células de esos organismos unicelulares complejos. Al conjunto de los eocariotas con las mitocondrias, y a veces con plástidos fotosintéticos que viven en su interior, lo conocemos como eucariota, cuyo núcleo, sumado a parte del núcleo mitocondrial, se halla encerrado en membranas. Los sobrevivientes se hicieron dominantes en el mundo que si-

guió. **Gracias a ellas, los organismos han podido hallar el modo de darle utilidad al peligroso oxígeno que respiramos.**

1) Ordovícico – Silúrico (440 Ma)

Una de las extinciones más importantes. La vida en la Tierra era entonces incipiente. Se perdió el 50% de los **géneros** conocidos y el 85% de las **especies** marinas (ver recuadro). Las principales víctimas se hallaron entre los braquiópodos, bivalvos, equinodermos y briozoos; también varios grupos de trilobites, conodontes y graptolites. La catástrofe ambiental se relaciona a la reducción del efecto invernadero de la Tierra por la captura y retención de dióxido de carbono en organismos vivos, probablemente, fotosintetizadores marinos, y la consecuente formación de un casquete glaciario en el hemisferio sur, de gran extensión pero de corta duración (1 Ma).

El descenso del mar por falta de lluvia (un efecto de las glaciaciones) expuso las plataformas marinas con la desaparición de sus habitantes. Las especies marinas de fondos fríos, abundantes pero de baja diversidad, ampliaron sus áreas de vida y desplazaron a las de zonas templadas. Cuando la etapa glaciaria culminó, el nivel del mar comenzó a ascender y las aguas profundas carentes de oxígeno y con elementos tóxicos se mezclaron con las superficiales, lo que llevó a una segunda extinción en serie. Otros han propuesto el bombardeo de radiación por una supernova o el vulcanismo en los montes Apalaches (EE.UU.).

2) Devónico – Carbonífero (365 Ma)

Serie prolongada de extinciones que eliminó cerca del 70% de las especies y un 22 a 55% de los géneros. No fue súbita, tardó al menos 20 Ma, con varios pulsos menores. El principal evento ocurrió entre las dos últimas edades del período Devónico (el límite Frasniano-Fameniano), y el segundo, al final del Devónico y principios del Carbonífero. Entre las víctimas se cuentan numerosos braquiópodos y trilobites; y entre los cordados, desaparecieron los conodontes y casi todos los peces sin mandíbulas (agnatos). Es evidente que un evento iniciado en el Fameniano siguió actuando hasta el final del período, y afectó principalmente a la vida marina de los arrecifes,

compuesta por corales rugosos y tabulados, así como esponjas del grupo de las estromatopóridas.

La responsabilidad de la extinción se considera ligada a un evento general de anoxia (disminución de oxígeno) en los mares, cuyas causas se desconocen. Como para otras extinciones, se han supuesto un evento de vulcanismo masivo, un enfriamiento global e impactos de asteroides. Coincidentemente con este evento de extinción en los mares, se inició la ocupación de los ambientes terrestres por parte de numerosos grupos de organismos, vertebrados e invertebrados, que incluyen formas capaces de vivir en tierra firme.

3) Pérmico – Triásico (250 Ma)

Fue la mayor extinción terrestre y marca el límite entre las eras Paleozoica y Mesozoica. Las causas incluyen desde asteroides y el descenso del nivel del mar hasta extensivos eventos volcánicos. Se perdió un 96% de las especies marinas y alrededor del 70% de las terrestres, incluyendo plantas, insectos y vertebrados. Entre los vertebrados, culminó la dominancia de los sinápsidos (linaje de vertebrados terrestres al que pertenecemos los mamíferos; al opuesto, el de los saurópsidos, pertenecen los reptiles). Los escasos sobrevivientes se diversificaron y ocuparon una parte de las zonas adaptativas que quedaron libres (reptiles arcosaurios y lepidosaurios se expandieron notablemente), mientras que otras zonas jamás volverían a ser ocupadas.

Durante el período Pérmico los continentes se encontraron en un solo supercontinente conocido como Pangea. La reunión de tierras y mares, aunque a muy baja velocidad, borró muchas costas y redujo drásticamente el espacio habitable por los organismos de profundidades bajas (casi todos). Se generó un obstáculo a la circulación oceánica y atmosférica, por lo que los vientos costeros, en lugar de adentrarse en el territorio, se llevaron la humedad hacia los polos, donde se formaron casquetes. El interior de Pangea comenzó a desecarse y las temperaturas se hicieron extremas con la formación de grandes desiertos.

Durante las glaciaciones descendió el nivel del mar, subió la concentración de sales y cambió su circulación. Las aguas

profundas con poco oxígeno pudieron haber ascendido y provocado anoxia o descenso de la oxigenación. Los mares de poca profundidad, de mayor productividad, habrían limitado los espacios y recursos para los organismos marinos, con efectos desastrosos para la red alimenticia. En una segunda etapa, la reducción de las comunidades vegetales y de los organismos marinos de conchilla, principales capturadores del carbono atmosférico, impidió que se fijara el dióxido de carbono, que se acumuló así en la atmósfera, mientras el oxígeno disminuía. Esto llevó a un aumento del efecto invernadero, elevó la temperatura y el nivel del mar subió nuevamente. La combinación de estos eventos, más una intensa actividad volcánica, cargaría con la responsabilidad en la extinción masiva: diezmo especies, envenenó el aire y extendió sus consecuencias a escala planetaria. El vulcanismo tuvo gran intensidad en Rusia (basaltos de Siberia), China (basaltos de Emeishan) y el oeste argentino (Evento Choiyoi). La extinción se halla representada en apenas 4 cm de roca, lo que equivale a unos 100.000 años. La fauna habría tardado unos 5 Ma en recuperarse.

4) Triásico – Jurásico (210 Ma)

Durante este evento se perdió el 34% de los géneros conocidos. Entre las víctimas se hallan numerosos reptiles marinos como los notosaurios, placodontes y los primeros ictiosaurios. Entre los terrestres, desaparecieron muchas familias de dicinodontes y otros sinápsidos, de los que sobrevivirían unos pocos, especialmente

unos cinodontes miniaturizados y de hábitos nocturnos o subterráneos que hoy conocemos como mamíferos. Los grandes sinápsidos serían luego reemplazados en forma oportunista por los distintos linajes de dinosaurios.

Las causas de esta extinción no se conocen bien. El enriquecimiento de sedimentos con C_{12} y el cambio en C_{13} señalan a los siguientes eventos como posibles causantes: impacto extraterrestre, una fuerte caída en la productividad marina, la rápida subida de aguas profundas anóxicas, vulcanismo en la región en separación (*rifting*) que originaría al actual océano Atlántico y liberación de hidratos de metano. Isótopos estudiados en Hungría muestran un calentamiento del agua marina de 13° a 28° C con la posible liberación de abundante metano.

5) Cretácico – Paleógeno (65 Ma)

Es la extinción más famosa y en ella se perdió el 36% de los géneros conocidos. Este evento marca el límite entre los períodos Cretácico y Paleógeno (y entre las eras Mesozoica y Cenozoica), conocido como límite K/P.

Un bache en el registro de fósiles, con la desaparición de muchos de los linajes de fines del Cretácico (Edad Maastrichtiana) que no se hallan en el Paleógeno (Edad Paleocena), demostró la extinción. Aunque evidenciada en los grandes vertebrados, también se observa con claridad en casi todas las especies de corales cretácicos, los amonites y belemnites, los bivalvos arrecifales rudistas e inoceramidos, la mitad de los equinodermos, microfósi-

CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

Aunque tradicionalmente se clasifica a los seres vivos en un orden jerárquico, no siempre es fácil determinar esas jerarquías. De hecho, como el ordenamiento cambia con cada nuevo estudio, las únicas categorías que se utilizan con rigor son las especies (unidad mínima de la taxonomía y cuya existencia real es posible en la naturaleza) y los géneros (categoría artificial pero de utilidad, por lo que se conserva). Todas las categorías mayores o supragenéricas (familia, orden, clase, filo y reino) son artificiales y se están dejando de utilizar.

	HUMANO	PERRO	BENTEVEO
Familia	Homínido	Cánido	Tiránido
Género	Homo	Cánido	Pitangus
Especie	Homo sapiens	Canis lupus	Pitangus sulphuratus
Subespecie	H. sapiens sapiens	C. lupus familiaris	-

“
Una extinción en masa puede relacionarse no sólo a una profunda pérdida sino también a una inadecuada recuperación.”

les como las diatomeas (microalgas con coraza), los ostrácodos (crustáceos microscópicos) y los foraminíferos (amebas con conchillas complejas). El estudio químico de estas conchillas microscópicas permitió estimar el cambio en la temperatura de los mares de antaño. La muerte masiva de esos microorganismos y de otros integrantes del plancton habría decidido la suerte de la trama alimentaria de los mares, incluyendo moluscos, equinoideos y corales, así como vertebrados marinos como los mosasaurios y plesiosaurios.

En tierra, la consecuencia más notable fue la muerte masiva de varios grupos de plantas, incluyendo benetiales y grupos enteros de helechos. Entre los anfibios desaparecieron los albanerpetónidos y entre los reptiles se extinguieron los pterosaurios, los grandes dinosaurios y muchos tipos de cocodrilos terrestres.

Aunque la fama de esta extinción proviene de la desaparición de los dinosaurios no avianos, cobró especial notoriedad a fines del siglo XX con la propuesta de que el agente causante habría sido la caída de un asteroide en Chicxulub, México, hace 65,3 Ma. Las más recientes investigaciones muestran que el cráter de Yucatán se formó 300.000 años antes de que desaparecieran los grandes dinosaurios, por lo que no sería el responsable directo. Además, no fue el único, ya que habría muchos más cráteres coetáneos en todo el planeta, incluso dos en Brasil, la mayoría mucho menores.

Sin embargo, S. Chatterjee propuso que otro impacto dejó un cráter de 600 km de diámetro, el cráter de Shiva, hoy disgregado en tres partes: los basaltos del Deccan, en la región centro occidental de India (Alto de Bombay y Depresión de

Surat), la plataforma de las islas Seychelles y una serie de estructuras submarinas. Es posible que la brusca disminución del oxígeno de la atmósfera (de 45% a 21%) haya sido decisiva también, tanto por la caída de un asteroide como por vulcanismo.

Hermanas menores

Hubo otras extinciones masivas, consideradas como de menor porte. Ocurrieron hace 530 Ma (fin de la fauna de Ediacara), hace 420 Ma (Evento Lau), hace 310 Ma (colapso de los bosques carboníferos), hace 183 Ma (extinción Pliensbaquiana-Toarciana), hace 116 Ma (extinción Aptiana), hace 92 Ma (extinción Cenomaniana-Turoniana o Evento Bonarelli, de importancia principalmente marina pero coincidente con un gran cambio en las faunas de vertebrados terrestres), hace 38 Ma, hace 15 Ma (con importantes enfriamientos planetarios) y hace 10 mil años.

92 Ma, la extinción

Cenomaniana-Turoniana

El alcance de esta extinción habría sido de cerca de un 25% de la fauna de invertebrados marinos, por lo que es de importancia. También desaparecieron reptiles marinos como los ictiosaurios y pliosaurios. En tierra firme hubo un evento de extinción coincidente, aunque es muy difícil decidir si están relacionados. En ese momento desaparecen del registro grandes dinosaurios carnívoros como los espinosaurios y carcarodontosáuridos, así como herbívoros como los rebaquisáuridos. Todos ellos parecen haber estado ligados a los ambientes áridos del Desierto Central de Gondwana, por lo que su extinción podría estar causada por un cambio climático: la desaparición de esos desiertos.

10 K, la extinción de la megafauna

Aunque ésta no fue una extinción masiva, ya que no afectó sustancialmente a los animales pequeños ni a las plantas, se trata de un evento importante para la biota sudamericana, cuya explicación dista aún de estar clara. Estamos acostumbrados a oír que Australia, por sus millones de años de aislamiento, ha desarrollado una fauna muy especial. Sin embargo, pocos saben que Sudamérica fue exactamente lo mismo: una isla gigante que permaneció aislada por más de 33 Ma, entre el Eoceno

tardío y el Pleistoceno.

Entre el Plioceno y el Pleistoceno (hace 2,5 Ma) las dos Américas entraron en contacto por la formación del istmo de Centroamérica, y el ingreso de fauna norteamericana contribuyó con la extinción de los linajes locales.

La fauna herbívora nativa estaba conformada principalmente por edentados gigantes (parientes de armadillos y perezosos) y notoungulados (una variedad sureña de ungulados), con especies corredoras y otras más pesadas, semejantes a rinocerontes.

La fauna herbívora invasora de origen norteamericano, que ingresó por la recién emergida Centroamérica, aportó especies que hoy damos como parte de la fauna local, pero que a escala geológica eran recién llegados: elefantes, caballos, ciervos, camélidos y cerdos. De todos modos, debe destacarse que aún hoy, los representantes de la megafauna en el mundo son muy pocos: apenas dos especies en Asia, cuatro en África y ninguna en Europa y Australia.

Entre finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno existían 37 especies mayores a una tonelada. Ninguna subsiste hoy ni ha dejado descendientes. La fauna nativa sudamericana sufrió una fuerte crisis que hizo desaparecer a todas las especies de más de una tonelada de peso, a las que conocemos como megafauna. En Sudamérica, el mayor mamífero actual es el tapir, de menos de media tonelada, parte del linaje de inmigrantes norteamericanos.

Los predadores constituyen un capítulo aparte: los principales eran las “aves del terror” o fororrácidas, veloces cazadoras terrestres de más de dos metros de altura. También se hallaban águilas gigantes, “leones” marsupiales y cocodrilos terrestres de gran porte y cabeza alta. A este grupo se le sumaron los linajes norteamericanos, que incluían mapaches y coatíes (prociónidos), perros y zorros (cánidos), osos (úrsidos) y gatos (félidos) como el puma y el smilodón de dientes de sable. Aunque ya había en Sudamérica primates nativos del grupo de los platirrininos, entre los invasores arribaron hace menos de 20.000 años monos catarininos de origen africano, dispersos entonces por todo el mundo: los humanos.

Tanto la megafauna sudamericana autóct-

tona como los invasores de gran tamaño comenzaron a extinguirse hace unos 10.000 años, en el límite entre el Pleistoceno y el Holoceno. Desaparecieron todas las grandes especies con masas mayores a una tonelada, como los grandes elefantes, los perezosos gigantes, los glipodontes, los toxodontes y las macrauchenias, e incluso gran parte de los mamíferos de tamaño mediano a grande, mayores a 50 kg.

Las causas concretas se desconocen, aunque la mayoría ha optado por echarle la culpa al clima o a la caza por humanos. El paleontólogo Alberto Cione (2003) propuso una nueva explicación, la hipótesis del zig-zag quebrado: una alternancia prolongada entre períodos cálidos y glaciarios, con la consecuente sucesión de áreas cerradas-húmedas-cálidas y áreas abiertas-secas-frías, que habría llevado a la biota a una situación de alto estrés, en especial a la megafauna, más adaptada a los ciclos glaciarios.

Finalmente, la megafauna se habría extinguido abruptamente al finalizar el Pleistoceno, durante un período interglacial. En su peor momento y en número reducido, comenzó a ser intensamente cazada por humanos, lo que causó un fuerte desbalance en los ecosistemas. Por esta vez, al menos, la llegada a Sudamérica de un depredador más peligroso que los tigres dientes de sable, no habría sido la causa de la extinción de la megafauna, sino apenas la gota que rebalsó el vaso.

Otros autores atribuyeron la extinción de la megafauna a la caída de meteoritos en la Argentina. Se habla de impactos en Chasicó hace 10 Ma, entre Mar del Plata y Miramar hace 3,3 Ma, y al sur de Centinela del Mar hace 600.000 años. Grandes oquedades oblongas en la zona de Río Cuarto, Córdoba, atribuidas a impactos meteoríticos de hace 4000 años, han sido recientemente adjudicadas a la acción repetida del viento sobre el depósito de fino polvo glaciario (loess). Sin embargo, los abundantes restos de vidrio fundido (tectitas), ampliamente distribuidos en las pampas, sugieren que una verdadera colisión existió hace medio millón de años, cuyo cráter no ha sido hallado aún.

+ 200 Ma. ¿La sexta extinción?

Algunos autores como Richard Leakey y

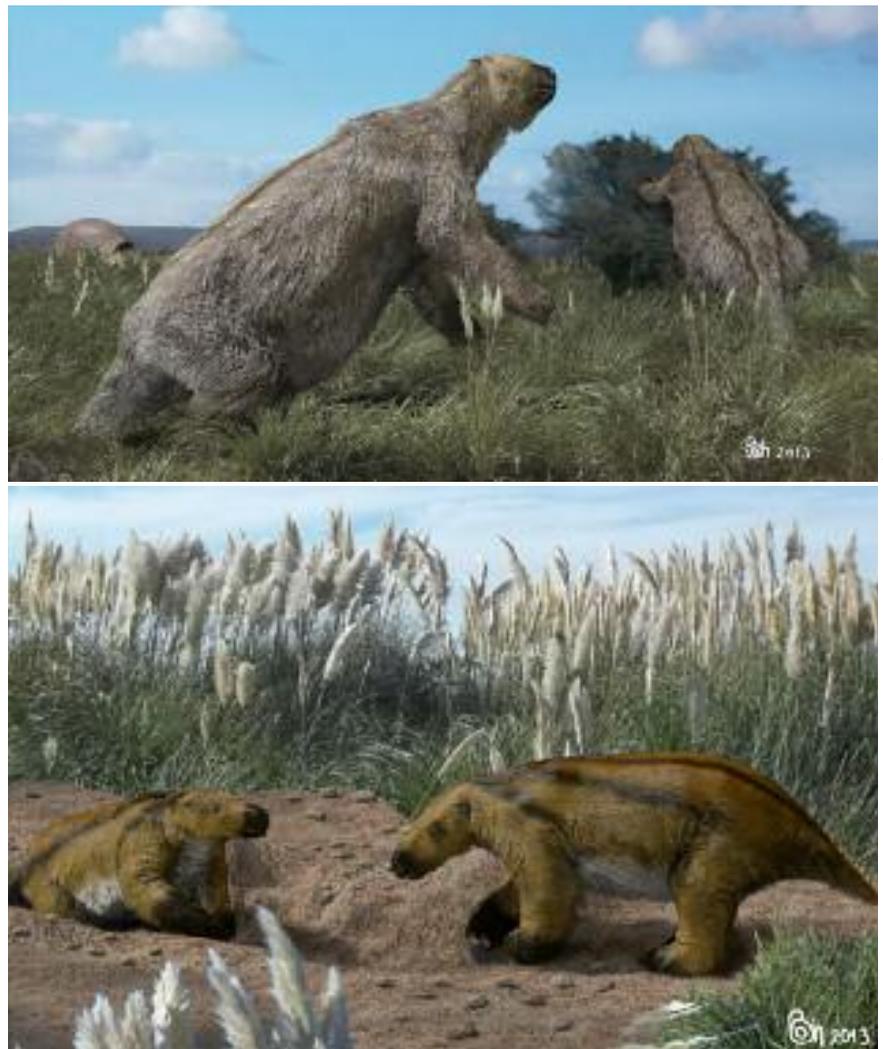
Roger Lewin han predicho que nos hallamos ante una extinción masiva, la Holocena o “Sexta Extinción” (1997), que sería causada por el agente humano. ¿Nos hallamos realmente ante una nueva extinción masiva? ¿De qué tipo? ¿Es la humanidad un nuevo agente de destrucción masiva de origen biológico, distinto de los climáticos, atmosféricos, tectónicos o extraterrestres? ¿Podemos llevar a la extinción a 40 millones de especies?

Una extinción en masa puede relacionarse no sólo con una profunda pérdida sino también con una inadecuada recuperación. Es decir que uno de los aspectos fundamentales en la generación de biodiversidad es la generación de nuevas especies, no sólo la pérdida. Es evidente que nos hallamos ante una situación de pérdida creciente de especies.

Según el biólogo estadounidense Edward Wilson estamos perdiendo unas 30.000 especies por año. Entre las causas principales se encuentran la transformación del paisaje, los monocultivos, la contaminación y proliferación de enfermedades entre animales, y la introducción de especies exóticas acarreadas con la diáspora humana. ¿Hay acaso una sustancial diferencia con un período de intenso vulcanismo, que produce contaminación, transforma el paisaje y reduce hábitats?

Demasiado humanos

Nosotros, *Homo sapiens*, hemos sido una especie más durante mucho tiempo. Sin embargo, la propagación humana en los últimos 50.000 años, la era agrícola en los últimos 2000 y la era industrial en los últimos 100, han golpeado nuestra visión



Parte de la megafauna del Pleistoceno, extinta en Sudamérica.
Arriba: reconstrucción del Megaterio. Abajo: Scelidoterios saliendo de sus cuevas.

Autor: Daniel Boh, Museólogo y Director del Museo Punta Hermengo de Miramar.

“
En la actualidad se estarían perdiendo unas 30.000 especies por año por la transformación del paisaje, los monocultivos, la contaminación, la proliferación de enfermedades entre animales y la introducción de especies exóticas.
 ”

del planeta de modo indeleble. Hemos reducido la biodiversidad a conciencia sin escuchar razones sociales, culturales, económicas y legales, científico-médicas, éticas, morales y filosóficas para preservarla. Tras los esfuerzos invertidos por los gobiernos en guerras y espionaje, ya es tarde para evitar que la superpoblación y la desaparición del agua potable se hagan críticas. Y cuando ese momento llegue, los gobiernos no dudarán en usar esos recursos e impedir que sean “derrochados” en la naturaleza. No podemos detener la extinción de todas las especies, ya que es parte del ciclo vital y dinámico de la vida en nuestro planeta. Debemos entender también que la aparición de cada especie siempre ha modificado há-

bitats, desplazado y extinto a otras, directa o indirectamente; y nuestra especie no es la excepción. Sin embargo, *Homo sapiens* va postulándose para ser una de las especies más destructivas. ¿De qué sirve vanagloriarse de nuestra inteligencia si las pautas culturales nos llevan al suicidio?

La mayoría de los daños los producimos sobre formas de vida compleja, que forman una mínima parte de la biota. No podemos saber cuál es la tasa de extinción normal para nuestra época, y hablar de una extinción masiva a escala planetaria es aventurado. Lo cierto es que no podremos estar seguros hasta que sea demasiado tarde, aunque somos ya testigos de la desaparición de numerosas especies ligadas a nuestro accionar.

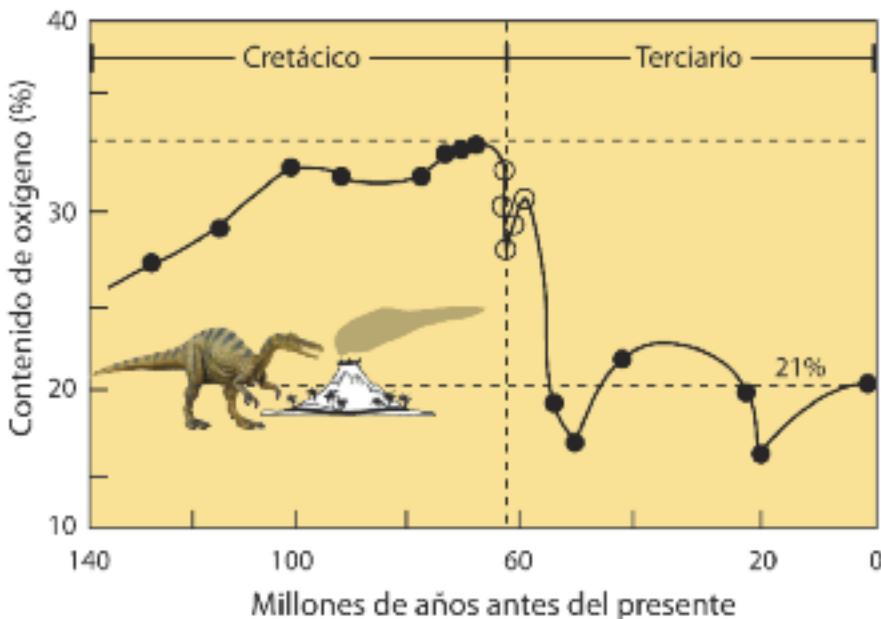
Todas las cosas que hacemos apuntan a la disminución de la biodiversidad. Destruimos los ambientes naturales secando pantanos, fijando los médanos de las ciudades costeras, propagando la urbanización mediante la creación de barrios privados que invaden y devastan lo que antes era campo. Multiplicamos los monocultivos, como la soja. Dejamos a las especies silvestres arrinconadas al borde de los caminos, y unas pocas sobreviven como malezas o devienen en “plagas”. Reemplazamos bosques nativos por tóxicos pinos y eucaliptos y esperamos que la fauna sobreviva en esos bosques que no alimentan. No sabemos aprovechar las ventajas de la mayoría de las especies nativas, y sus usos se han perdido con la des-

trucción de la cultura de los pueblos originarios y el desprecio al conocimiento de sus “chamanes” por la medicina y la religión de origen europeo (que proceden, a la larga, del conocimiento ancestral pero destruyendo la fuente, como explica Plotkin en “Aprendiz de chamán”, 1997). Las clases pudientes llevan a los más pobres hasta la desesperación y estos últimos buscan su sustento en el único lugar que lo ofrece gratuitamente: la naturaleza. Si no entendemos esto y no corregimos la situación desde esa perspectiva, la extinción de todas las especies medianas a grandes será un hecho. Luego, tal vez, sigamos nosotros. Si seguimos en este camino, donde sólo a unos pocos les importa verdaderamente la situación y el resto sigue a sus anchas, llegaremos pronto a un cuello de botella. Nos lo muestra claramente la historia de la vida en el planeta.

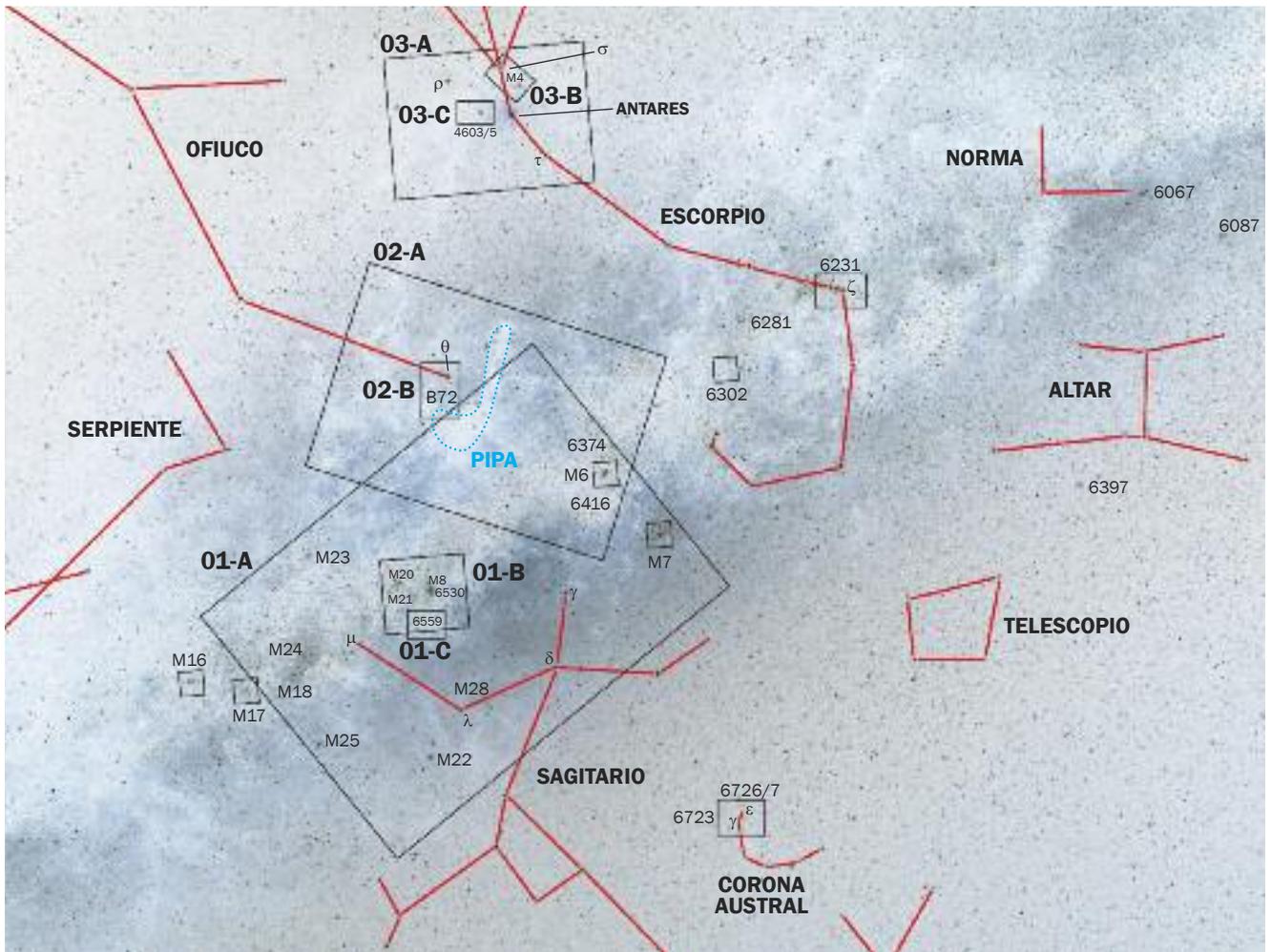
La vida es fuerte y se sobrepondrá como en todas las otras grandes extinciones, tras la desaparición del agente letal. Apenas cinco millones de años después de nuestra desaparición, la biodiversidad recuperará nuevas formas que nunca antes habían poblado la Tierra, a partir de un puñado de sobrevivientes: sin duda, insectos, arácnidos y tal vez algunos mamíferos y aves. La mayor parte de la vida terrestre, en especial los coleópteros, no notarán nuestra desaparición. Por supuesto, las bacterias y las arqueas tampoco, así como casi no notaron nuestra llegada, pues ellos son los amos y señores de este planeta. Nosotros somos apenas un recipiente más para sus interacciones; excepto, claro, para los procariontes, que con su simbiosis nos permiten respirar, como las mitocondrias, y aquéllas a las que usamos para producir medicamentos y otras sustancias, modificando su ADN.

Aunque seamos sólo una especie más en este planeta, es importante reconocernos en el papel de protectores de la biosfera. En diez millones de años sin nosotros, el planeta se repondrá y será un paraíso como nunca soñamos y que jamás veremos. Ningún resto de nuestro paso será visible. Sólo un paleontólogo del futuro (no humano, claro) podría llegar a hallar evidencias de nuestra existencia. La pregunta es si vale la pena perdernos el futuro de nuestra casa. ■

PALEOATMÓSFERA DE LA TIERRA A TRAVÉS DEL TIEMPO



Congestión en el centro galáctico

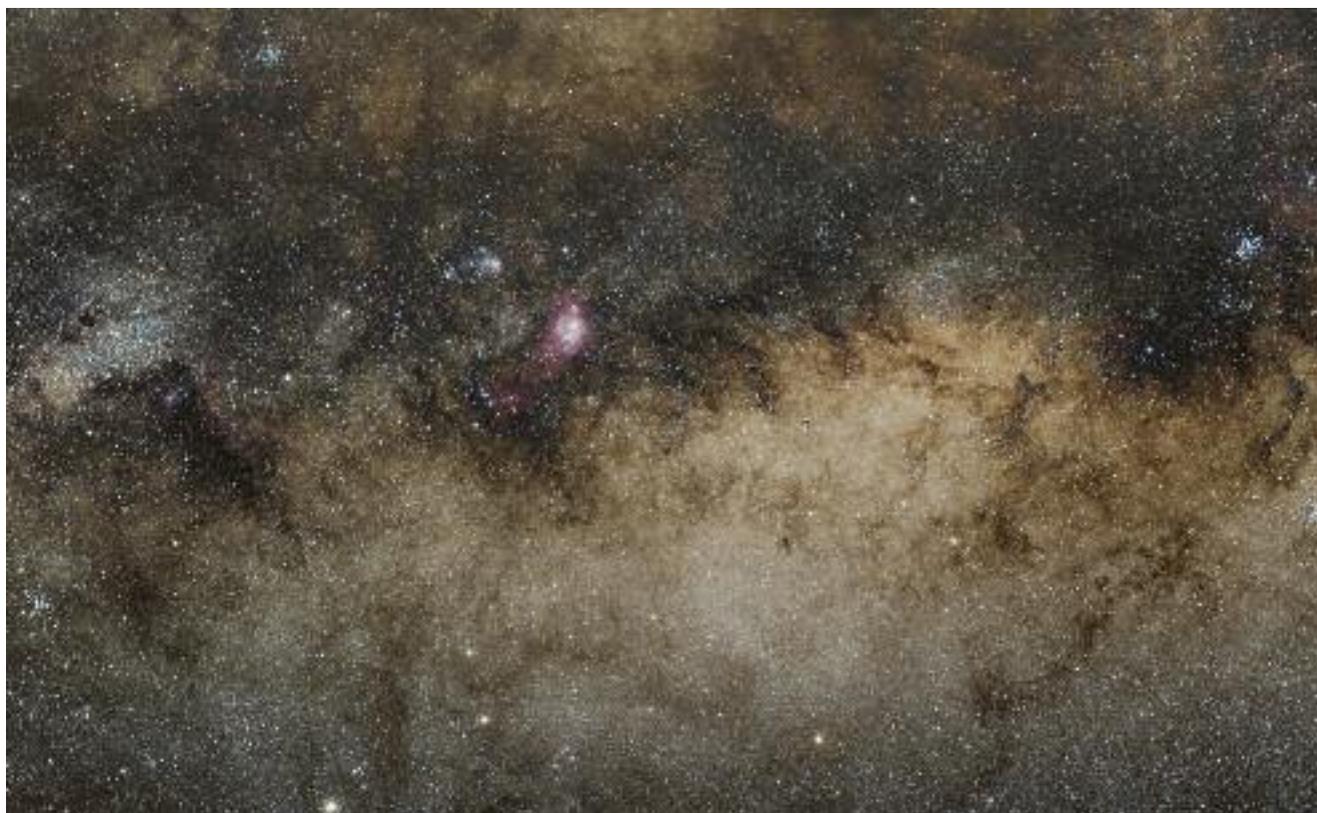


Cuando observamos el cielo desde un lugar oscuro, lo primero que nos sorprende es la Vía Láctea, esa banda blanquecina que cruza el cielo de lado a lado. Los telescopios y binoculares que apuntan allí descubren que no se trata de leche derramada por una diosa, como intentaban explicar algunos mitos antiguos, sino que está compuesta de millones de estrellas, más gas y polvo interestelar. Hoy sabemos que es una gigantesca estructura con forma espiral que contiene alrededor de 400 mil millones de estrellas, y que la vemos así, simplemente, porque nuestro Sistema Solar está dentro de ella, entre sus brazos espirales. Todas las estrellas que vemos en el cielo también están allí dentro.

Si observamos la Vía Láctea en las noches de invierno en el hemisferio sur, cuando las constelaciones de Escorpio, Ofiuco y Sagitario están en lo más alto del cielo, parece que en ese sector la mancha blanquecina fuera más gruesa. Precisamente, en esa dirección se encuentra el *centro galáctico*, el sector más exuberante de la galaxia. Lo que allí se esconde nos resulta imposible de observar “visualmente”, ya que el gas y el polvo que se distribuye entre esa posición y la nuestra, nos lo tapa. Lo que sí podemos ver son muchísimos más objetos: estrellas, cúmulos y nebulosas de todo tipo.

Por eso, a pesar del frío de esta época, no podemos dejar de observar el cielo. En invierno tenemos encima de nuestras cabezas el mejor sector de la Vía Láctea para observar tanto a simple vista como con instrumentos. Y también para hacer fotografía astronómica.

En nuestras páginas centrales publicamos una imagen de unos 50° de campo en dirección al centro galáctico. Si conocemos la ubicación de los principales objetos de *cielo profundo* (cúmulos abiertos y globulares, nebulosas brillantes y oscuras) que se encuentran en esa región del cielo, o si los ubicamos en el mapa de esta página, podemos encontrarlos en la imagen de campo amplio, y también podemos disfrutar de la mayoría de ellos a través de sus primeros planos a partir de las páginas siguientes.



01-A. En la constelación de Sagitario, en el límite con Escorpio, se destaca este sector de casi 20° de extensión, en el que se puede empezar a apreciar que la Vía Láctea está compuesta por millones de estrellas. Más allá del detalle y el color de la fotografía, todos los objetos de cielo profundo que aquí aparecen pueden ser hallados con binoculares bajo cielos oscuros. Ellos son los cúmulos abiertos M 6, M 7, M 18, M 21, M 23, M 24, M 25, NGC 6530, NGC 6374, NGC 6416 y NGC 6425; los cúmulos globulares M 22 y M 28; y las nebulosas M 20 (Trífida) y M 8 (Laguna). Además, en la imagen se aprecia una gran cantidad de nubes de polvo y nebulosas de emisión (mayormente, H_{II}) que contienen el material necesario para la formación de futuras generaciones de estrellas. Esas nubes resultan visibles frente al fondo luminoso de las estrellas que están por detrás. **Autor: Ezequiel Bellocchio.**



01-B. Un acercamiento a la zona de las nebulosas Trífida (M 20), Laguna (M 8) y Pie Grande (NGC 6559), al cúmulo abierto M 21 y al cúmulo globular NGC 6544 (sobre el borde derecho de la imagen). **Autor: Leonardo Julio.**



01-C. El "Pie Grande" (NGC 6559) se forma con las nebulosas oscuras: a la derecha, los "dedos", y abajo a la izquierda, el "talón".

Autor: Ignacio Díaz Bobillo.



En **Trífida** (M 20) y **Laguna** (M 8) se pueden apreciar tres tipos de nebulosas: de emisión (rojizo), de reflexión (celeste) y de absorción (negro). El color rojizo se debe a la excitación del gas, principalmente hidrógeno, que produce la energía de las estrellas recién nacidas. La dispersión de la luz es más eficiente en longitudes de onda cortas, como la azul, y eso hace que las nebulosas que no emiten luz reflejen ese color, debido a que contienen estrellas jóvenes y calientes. Las zonas oscuras extinguen la luz con sus granos de polvo, sus elementos más pesados: silicatos, grafitos y hielo. Delante de M 8 aparece además un cúmulo de estrellas (NGC 6530), probablemente, formado en la misma nebulosa. **Autor: Carlos Di Nallo.**

M 20. Autor: Ignacio Díaz Bobillo.



M 8. Autor: Carlos Di Nallo.





M 16. Con sólo 2° de separación entre una y otra, las nebulosas del **Águila** (M 16) y **Omega** (M 17) también forman parte de este sector imperdible del cielo de invierno. Dada la cercanía entre ambas (no sólo aparente, sino también real), mantienen fuertes interacciones gravitacionales e intensos “vientos” estelares. En su interior, M 16 contiene los famosos Pilares de la Creación, una región de formación estelar activa, de donde surge el cúmulo abierto NGC 6611. Por su parte, M 17 parece una pincelada en el cielo; una de las nebulosas más lindas de observar con telescopios de aficionados. **Autor: Alejandro Tombolini.**

M 17. Autor: Ezequiel Bellocchio.



M 16. Autor: Ignacio Díaz Bobillo.





02-A. La **nebulosa de la Pipa** forma parte de un gran complejo de nubes oscuras de polvo interestelar y gas molecular, que se extiende entre las constelaciones de Escorpio y Ofiuco. En la imagen superior aparece, además, el cúmulo abierto **M 6** (página 28), y la estrella más brillante, casi en el centro, es θ (theta) Ophiuchi. Si hacemos “zoom” podemos encontrar la nebulosa de la Serpiente (B 72), con forma de “S”, otra nube oscura del tamaño aparente de la Luna Llena. **Autor: Carlos Di Nallo.**

02-B. Nebulosa de la Serpiente. Autores: Leonardo Julio y Adriana Fernández.







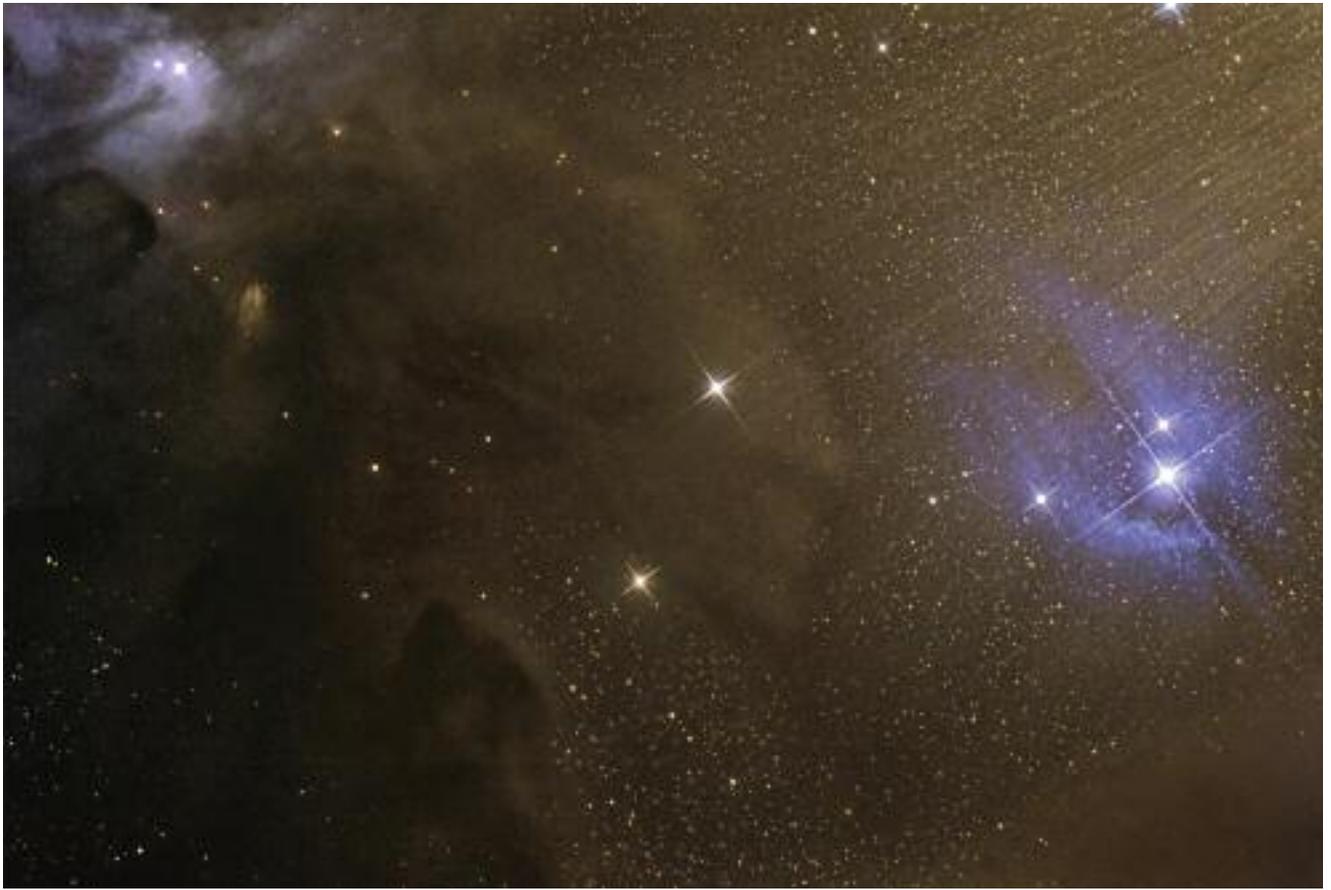
El sector más “grueso” de la Vía Láctea, visible en lo más alto del cielo durante las noches de invierno en el hemisferio sur. Hacia abajo de la nube oscura con forma de “pipa”, entre las constelaciones de Escorpio, Ofiuco y Sagitario, se encuentra el centro galáctico, completamente oculto tras millones de estrellas, gas y polvo interestelar. **Autor: Carlos Di Nallo.**



03-A. El llamado **complejo de Rho Ophiuchi** es otro sector compartido entre las constelaciones de Escorpio y Ofiuco sumamente rico en nubes moleculares, nebulosas de emisión y de reflexión, cúmulos globulares, estrellas dobles, múltiples y muy brillantes. Rho (ρ) Ophiuchi es una estrella binaria azul envuelta por una nebulosa brillante de reflexión, todo rodeado por nubes oscuras que forman parte de la misma estructura que comprende a la Pipa. La estrella más brillante, de color naranja, es Antares (α , Alfa Scorpii). Por encima, de color azul, está Al Niyat (σ , Sigma Scorpii), junto a una nebulosa de emisión rojiza. Entre ambas estrellas, hacia la derecha de la imagen, se encuentra el cúmulo globular M 4, visible fácilmente con binoculares; y justo por encima de Antares, otro globular, NGC 6144. **Autor: Alejandro Antognoni.**



03-B. El cúmulo globular M 4 y la estrella Sigma Scorpii (σ), una gigante azul que forma parte de un sistema cuádruple, envuelta en la tenue nebulosa Sh 2-9. **Autor: Omar Mangini.**



03-C. La nebulosa de reflexión azul IC 4605 rodea a las tres estrellas de la derecha; IC 4603 envuelve a la estrella de arriba a la izquierda; e IC 4604 son las nubes oscuras, parte del complejo de Rho Ophiuchi. Las líneas que surgen a la derecha de la imagen corresponden al brillo de Antares. **Autor: Omar Mangini.**



A una distancia de 7200 años luz, **M 4** es uno de los cúmulos globulares más cercanos conocidos. Se encuentra a 1° de Antares, en el límite de lo que podemos percibir a simple vista, por lo que desde un lugar oscuro es muy fácil de hallar y resulta imperdible con pequeños telescopios o binoculares.

Autor: Ignacio Díaz Bobillo.



El cúmulo abierto **M 6**, conocido también como la **Mariposa**, puede verse a simple vista y, mucho mejor, con binoculares. Se encuentra a 1600 años luz de distancia y posee una extensión de 12 años luz. **Autor: Alejandro Antognoni.**



Al lado de M 6 se encuentra su compañero **M 7**, más brillante y fácil de observar a simple vista, muy cerca del agujón del Escorpión. Es conocido también como el Cúmulo de Ptolomeo, quien lo describió en el siglo II como una “mancha nebulosa”. Se encuentra a 900 años luz y contiene alrededor de 100 estrellas jóvenes, de apenas unos 200 millones de años. **Autor: Alejandro Antognoni.**



Llamada a veces el **Falso Cometa**, esta región del cielo contiene al cúmulo abierto **NGC 6231**, mucho más concentrado y joven que los anteriores, de sólo 3 millones de años de edad, con una buena cantidad de estrellas supergigantes muy calientes. Es visible a ojo desnudo y la estrella roja que se ve a su lado es ζ (Zeta Scorpii). **Autor: Alejandro Antognoni.**



La nebulosa planetaria **NGC 6302**, conocida como **Bipolar** o el **Insecto**, no se ve a simple vista pero sí con telescopios bajo cielos oscuros. Es el prototipo de las nebulosas planetarias bipolares, que poseen dos lóbulos principales, formados por los gases en expansión tras la muerte de una estrella que pudo haber tenido características similares a nuestro Sol. El núcleo de la estrella yace en el centro a unos 200.000° K. **Autor: Ezequiel Bellocchio.**



La constelación de la Corona Austral, junto a Sagitario, es pequeña y contiene estrellas tenues, pero es fácil de encontrar en el campo. Además, posee un hermoso cúmulo globular, NGC 6723, y a su lado se encuentran las nebulosas NGC 6726 (de reflexión) y NGC 6727 (de absorción), que aparecen sólo en fotografías con larga exposición.

Autor: Omar Mangini.

CIENCIA, ARTE Y TECNOLOGÍA

Triángulo virtuoso

Por Marcela Lepera, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



El edificio del Planetario es una obra arquitectónica reconocida internacionalmente que sorprende a quienes lo descubren. Su diseño es esencialmente geométrico. Según su autor, el arquitecto Enrique Jan, *“este edificio es uno de los pocos en el mundo proyectado y construido a partir del módulo triángulo equilátero. La elección arquitectónica de esta figura geométrica encierra un simbolismo que fue buscado expresamente. Es la superficie plana más perfecta que se puede realizar con un mínimo de lados iguales, encerrando en sí misma un principio simbólico de unidad primigenia. Estas condiciones secuenciales introducidas en todo el desarrollo del proyecto arquitectónico quiso ser la idea rectora que acompañase y mostrase la íntima relación entre las partes y el todo, sugiriendo lo ocurrido desde la partícula elemental primera (de la materia) hasta ese desarrollo cósmico en el cual estamos inmersos”*.

Si seguimos este principio rector, tres son las patas que sostienen la sala de espectáculos y el anillo que la rodea. Quizás este triple sostén también sea una metáfora de las bases que sustentan las actividades

que se desarrollan en nuestra institución, ya que **la ciencia, el arte y la tecnología se dan la mano en cada emprendimiento desarrollado en el Planetario**. Nadie puede ignorar que nuestra misión es divulgar ciencia. Cada espec-

táculo busca acercar los complejos conceptos científicos a la gente que no tiene formación específica en temas relacionados con la Astronomía. Pero debemos reconocer que el sistema de proyección *full dome* de última tecnología es el que

logra deslumbrar a los espectadores con sus majestuosas imágenes del universo. En cada presentación también queda demostrado que la música y la puesta artística son las que despiertan en la sensibilidad de los asistentes, profundas emociones que hacen inolvidables las visitas al Planetario. **Ciencia, tecnología y arte son los vértices de un triángulo perfecto.**

En 2014, uno de estos tres pilares toma un protagonismo renovado. Muchas fueron las expresiones artísticas que se presentaron en nuestra institución a lo largo de sus 47 años de historia: conciertos, recitales, obras de teatro, ópera, montajes multimedia, entre otros. El pasado 3 de julio el Planetario abrió nuevamente las puertas de su sala de espectáculos a jóvenes artistas pertenecientes a instituciones de alto nivel académico en formación musical: el Conservatorio Superior de Música Manuel de Falla y el Instituto Superior Santa Ana, quienes presentaron *Conciertos Cósmicos: Música Argentina de Inspiración Astronómica* ante un numeroso público. La exploración de lenguajes expresivos contemporáneos, la traslación de sensaciones visuales al campo auditivo, las propuestas multimedia, los aportes que las nociones básicas de Astronomía pueden brindar y la integración de diferentes instituciones educativas son algunos de los aspectos sobre los que indagó esta experiencia.

La profesora Andrea Clérici, responsable de la organización de este evento, nos relata: “En el marco del proyecto **Astronomía en las Aulas**, el Dr. Juan Carlos Forte hizo una primera actividad en el Planetario en octubre de 2013, que consistió en reunir a docentes para impulsar la enseñanza de esta ciencia en los diferentes niveles del sistema educativo. Allí, Nora Ruiz, una profesora del área de música, propuso un concierto de obras relacionadas con la Astronomía en el Planetario, y así comenzó la gestación de este evento. El público pudo tener una experiencia singular en la que todo cerraba: jóvenes artistas, música contemporánea de inspiración astronómica de autores argentinos; todo acompañado de imágenes proyectadas en la cúpula bajo el sistema inmersivo. El escenario desbordaba de ar-



“ADN256”. Concierto del pianista Horacio Lavandera en el que interpretó obras clásicas del compositor Stockhausen.

tistas e instrumentos, algunos distribuidos estratégicamente junto a las paredes circulares de la Sala, con lo cual el sonido provenía de diferentes lugares y generaba un efecto muy interesante. Esta presentación fue un éxito en cuanto a asistencia de público, ya que no quedó ni una butaca disponible”.

Esta experiencia musical ha sido un verdadero preludio a un ciclo de conciertos que también se presentará este año en el Planetario: **Música bajo las estrellas**, un proyecto ambicioso que será coordinado

por la Directora del Planetario, la Lic. Lucía Sendón. Cada viernes de septiembre, el público podrá disfrutar de diferentes géneros musicales: tango (interpretado por Chico Novarro), canto coral, jazz y hasta un tributo a los Beatles. En resumen: música, arte en una de sus expresiones más conmovedoras, bajo el imponente cielo estrellado del Planetario. Con este ciclo musical nuestra institución nuevamente amplía su oferta cultural con el siempre sólido sostén del triángulo virtuoso que reúne ciencia, arte y tecnología. ■



“Tango 360, Buenos Aires y el amor como nunca se vieron”, con la música de Astor Piazzolla como protagonista.

Actividades del Planetario

Espectáculos para público en general

COLISIONES CÓSMICAS

Espectáculo astronómico para todo público. Estos explosivos encuentros inimaginables dieron forma a nuestro Sistema Solar, cambiaron el curso de la vida en la Tierra y, en el futuro, seguirán transformando a nuestra galaxia y al universo. Martes a viernes 13 y 16 h. Sábados y domingos 14, 17:30 y 18:30 h. Localidades: \$ 30

UNA DE PIRATAS

Espectáculo astronómico para niños. Un pirata cansado de recorrer los mares del planeta Tierra se anima a viajar por el universo. Sábados y domingos 15 h. Localidades: \$ 30

EL PRINCIPITO

Espectáculo teatral para toda la familia. Un clásico de la literatura representado por actores en vivo bajo el cielo estrellado del Planetario. Sábados y domingos 16 h. Localidades: \$ 50

TANGO 360

Una historia de pasión y baile en Buenos Aires, con música de Astor Piazzola. Martes a viernes 17 h. Sábados y domingos 19:30 h. Localidades: \$50

Espectáculos para estudiantes

Con la actualización necesaria y la experiencia de 47 años de trabajo en divulgación científica, el Planetario presenta atractivos espectáculos didácticos que abordan los contenidos astronómicos que cada nivel de enseñanza trabaja en el aula. Para reservar localidades consultá en www.planetario.gob.ar

Planetario para ciegos. "El cielo para todos"

Programa que busca acercar al público no vidente el conocimiento del cielo, de las estrellas y de la Astronomía en general. Actividad gratuita. Para reservar localidades consultá en www.planetario.gob.ar

Museo

El Exploratorio de San Isidro expone en el Planetario módulos interactivos para que grandes y chicos puedan experimentar, disfrutar y divertirse con la ciencia. Actividad gratuita. Martes a viernes de 10 a 17 h. Sábados y domingos de 14 a 19:30 h.

Observaciones por telescopios

Sábados y domingos al anochecer. Actividad gratuita.

Cursos

Segundo cuatrimestre

Actividad gratuita.

Descubrir, Observar y Disfrutar el Cielo (Diego Hernández).

Curso práctico de observación para comprender el cielo.

Astronomía General (Mariano Ribas).

El curso ha incorporado nuevos contenidos, imágenes, gráficos y videos con respecto a todas sus ediciones anteriores.

La Astronomía como vínculo entre los seres humanos y el universo (Dr. Juan Carlos Forte). Curso orientado a profesores y estudiantes de profesorado de ciencias.

Ciclo de charlas astronómicas

Tres cambios paradigmáticos en la Astronomía. Un recorrido general desde el geocentrismo hasta el universo en expansión (Rafael Girola).

Conferencias y clases abiertas

22/8 El nacimiento de un planeta vivo.

Dr. Mauro Spagnuolo.

28/8 Las imágenes del universo.

Marcelo Leonardo Levinas.

7/11 Evolución. Dr. Leonardo González Galli.

Música bajo las estrellas

Todos los viernes de septiembre. Diferentes géneros musicales interpretados en vivo bajo el imponente cielo estrellado del Planetario.

LA TIERRA

Un planeta de agua, hielos y glaciares

Por Roberto Ares*.



Nieve, glaciares y lagos en la provincia de Santa Cruz. Imagen satelital de la NASA.

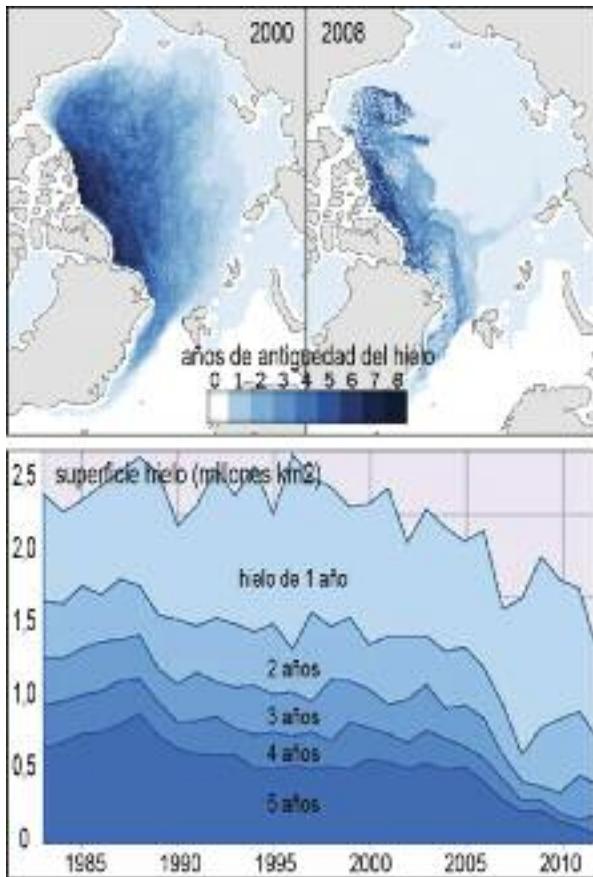
La Tierra es un planeta con abundante agua. Aislada, el agua formaría una esfera de 1385 km de diámetro. Cuando se busca vida fuera de la Tierra, se busca agua. Es por eso que este elemento tiene tanta importancia. El hielo es el estado sólido del agua y hoy se encuentra en las regiones polares y en alta montaña. Este artículo se ocupa de ofrecer un estado de situación de los hielos y glaciares como producto del calentamiento global y su relación con la circulación oceánica.

En los últimos 50 años, el espesor de la capa de hielo en el Ártico se redujo un 40%. Cada temporada, su volumen decae y, durante el invierno, se reduce la superficie cubierta con nieve. Esto permite que se absorban más los rayos solares que antes se reflejaban por el color blanco, y que se dé una realimentación del calenta-

miento global: el área ártica se calentará más rápido que el resto del planeta. Debido al derretimiento de los hielos, se espera que a mediados de este siglo el Océano Ártico sea navegable durante los meses de verano.

Las consecuencias para el equilibrio ecológico y para la supervivencia de algunas especies serán severas. Otra preocupación

son los residuos radiactivos rusos en la isla de Nueva Zembla (Mar de Kara), que quedaron como resultado de 224 pruebas nucleares realizadas durante la Guerra Fría (1955-1990). Además, hay submarinos nucleares hundidos y desechos radiactivos encerrados en contenedores. Se cuentan al menos 16 reactores nucleares hundidos a baja profundidad, 17.000 ba-



Reducción de la superficie de hielo durante los últimos años en el Océano Ártico.

rriles de residuos nucleares y 165.000 m³ de residuos líquidos nucleares. Desde 1994 estos tipos de vertidos están prohibidos.

Reducción del permafrost

Otro peligro muy importante del deshielo es la liberación del metano contenido en el permafrost (“permanentemente congelado”), una capa de suelo superficial que existe en la tundra y en las decenas de miles de pequeños glaciares andinos. Su superficie es una “piel” fina de hasta 4 metros de profundidad, que cubre decenas de metros de hielo en lo más profundo, y suele descongelarse en ciclos anuales. Las plantas pueden sobrevivir allí si sus raíces penetran la tierra y obtienen agua. La mayor reserva de permafrost se encuentra en el área circumpolar del Ártico (Canadá, Alaska, Siberia).

El permafrost puede tener diferentes características y formas. Pueden ser suelos orgánicos; arenosos y rocosos, e incluso roca sólida. Pueden contener agua conge-

lada o ser relativamente secos. Un 20% de la superficie de la Tierra es permafrost y en algunas partes penetra profundamente. En Barrow (Alaska) hay 440 metros de profundidad de permafrost, y en áreas de Siberia llega a 1500 metros. Para ser permafrost el suelo debe estar por debajo de 0° C durante dos o más años. En la superficie puede formarse rápido: en sólo 350 años de clima frío se forma permafrost hasta 80 metros de profundidad. Sin embargo, tarda diez veces más para llegar a 220 metros. Se estima que en Barrow le llevó más de 500.000 años.

En el año 2000 se extrajeron muestras del permafrost en el extremo oriental de Siberia, a 30 metros de profundidad, que contenían virus de 35.000 años de antigüedad y que estaban “vivos” (las comillas indican que los virus no son considerados organismos vivos propiamente dichos). Esta cepa de virus no es un peligro para los humanos ya que sólo atacan a las amebas, pero es una demostración de la falsa sensación de seguridad en la que nos encontramos, ya que podríamos estar extrayendo otras formas vivientes mediante la minería o las perforaciones de petróleo; y en el futuro, con la pérdida del permafrost.

Hidrato de metano

El permafrost contiene abundante materia orgánica a medio descomponer. Si penetra oxígeno, la descomposición puede ocurrir mediante microorganismos aeróbicos que utilizan oxígeno y li-

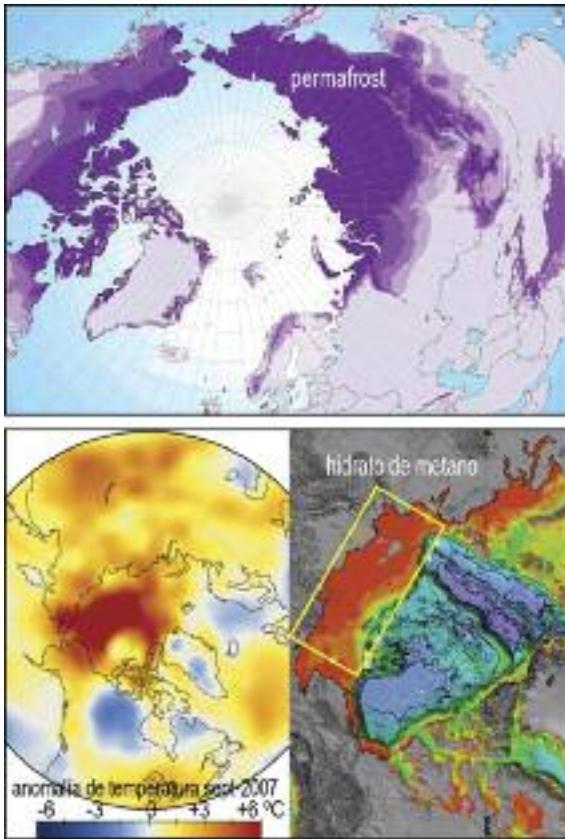
beran dióxido de carbono (CO₂). En cambio, los sedimentos en las lagunas con poco oxígeno tienen una descomposición anaeróbica (sin oxígeno) donde el resultado es el metano. El metano, que tiene 21 veces más poder calorífico que el CO₂, asciende como burbujas desde el fondo. Cuando el hielo comienza a formarse al inicio del invierno, las burbujas quedan atrapadas en la parte alta. Cuando el permafrost se derrite, el terreno se hunde y forma charcos y lagunas donde continúa el ciclo generador de metano.

El aumento de 1,5° C en la temperatura global podría provocar un deshielo importante del permafrost y liberar gran cantidad de metano, lo que acentuaría el calentamiento global. Se calcula que hacia el año 2100, los gases liberados tendrían una contribución al calentamiento global de 0,32° C.

A mayor profundidad que el permafrost, en los océanos, se encuentran bolsas de hidra-



El permafrost (sin incluir lo que está bajo el hielo de Groenlandia y Antártida) retiene cerca del doble del carbono que se encuentra en la atmósfera, que hoy llega a 400 ppm (partes por millón). Si todo el permafrost se descongelara, podría llevar los niveles atmosféricos a 1200 ppm de CO₂. Si además se agregan las reservas de combustibles fósiles disponibles, podría llegar a 2000 ppm hacia el año 2300.



El permafrost en el hemisferio norte cubre amplios territorios de Canadá, Alaska y Siberia. Dentro del Océano Ártico la principal reserva de hidrato de metano se encuentra en la región norte de Siberia, donde el cambio de temperatura es el más rápido. La liberación de permafrost está acelerando el cambio climático.

tos de metano muy antiguas. La liberación es poco probable, ya que requiere del incremento de temperatura de las aguas profundas y del suelo oceánico. Pero, de ocurrir, sería una catástrofe climática. La última vez que sucedió fue hace 55,8 millones de años, cuando en 20.000 años la temperatura aumentó 6° C. En aquel momento, la Patagonia estaba unida a la península Antártica y las corrientes marinas eran muy diferentes. Como resultado, no había zonas con hielos todo el año. Hoy en día, la zona norte de Siberia, junto al estrecho de Bering, es un área extensa de plataforma continental poco profunda, donde el 75% tiene menos de 50 metros de profundidad. Es un área de acumulación de gas metano y es favorable para la acumulación de depósitos marinos, que a largo plazo podrían llegar a ser combustibles fósiles.

El tercer polo

Se llama así a la meseta del Tíbet y las cadenas vecinas. Tienen 46.000 glaciares

con 100.000 km², lo que equivale al 6% del hielo de Groenlandia. Contiene permafrost de hasta 130 metros de profundidad. Pero, a diferencia de los polos, el agua del deshielo sustenta al 25% de la población mundial (10 países) en las cuencas de sus ríos. Los informes recientes sobre la evolución del tercer polo son contradictorios. En los últimos 50 años la temperatura subió 0,3° C por década por encima del resto del planeta. En algunas zonas los glaciares se retiran, pero en otras parecen aumentar. En tanto, el permafrost parece desintegrarse, y genera lagos glaciares. Las causas contradictorias consisten en una combinación de monzones en el verano (grandes lluvias desde el este), que alimentan con nieve, y el viento del oeste del invierno (aire caliente y con volumen de nieve), que

aumenta con el calentamiento global.

Los hielos de la Antártida

La Antártida se diferencia del Océano Ártico y es similar a Groenlandia. En la Antártida el calentamiento se percibe como una pérdida de plataformas flotantes en los extremos de los glaciares (icebergs) y como una reducción en la profundidad del hielo en la periferia. En tanto, el centro de la Antártida tiene un incremento de hielo.

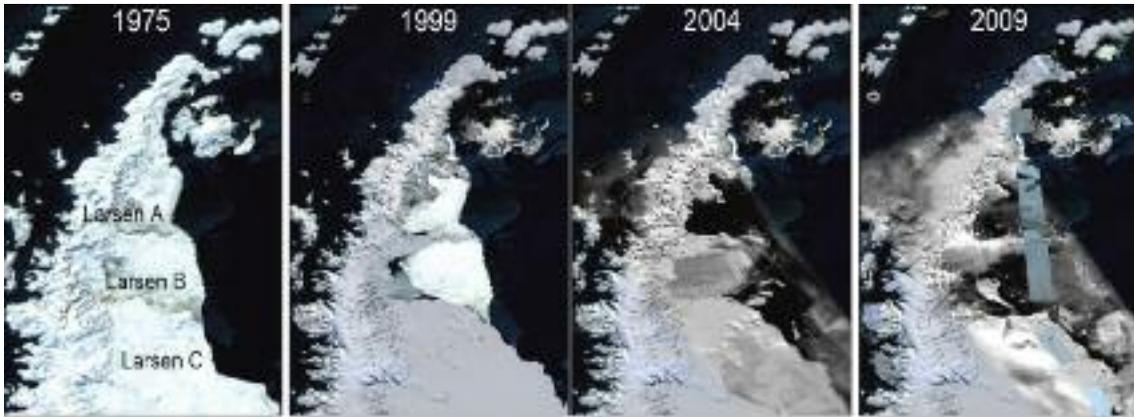
Se estima que las plataformas de la Península Antártica están allí desde la última era glacial, hace 12.000 años. La pérdida de plataformas heladas periféricas se observó por primera vez en 1995 desde la Base Matienzo, que estaba colocada sobre la Plata-

forma Larsen A. El calentamiento produce que los glaciares arrastrados por la gravedad avancen reptando sobre la roca hacia el océano y luego floten sobre el mar unidos a los hielos continentales (son las "plataformas"). El umbral parece estar en -9° C, como media anual. Si la temperatura aumenta, se ensanchan las grietas y la plataforma se rompe en pedazos. El agua se filtra hasta la base del glaciar y lubrica el movimiento. El movimiento rápido reduce el espesor del glaciar y aumenta la pendiente.

En 2002 se perdió la plataforma Larsen B, que tenía unos 220 metros de espesor. Con anterioridad se había perdido la plataforma Príncipe Gustavo al norte de Larsen A, hoy conocida como Canal Príncipe Gustavo. Como estas plataformas flotan sobre el océano, no son un aporte a la altura del nivel del mar. Sin embargo, al desaparecer pueden acelerar el flujo de hielo desde las tierras altas de la Antártida. El incremento de temperaturas genera un aumento en la caída de nieve. El espesor de la nieve acumulada aumenta en las zonas interiores de la Antártida, mientras el hielo se pierde más rápido en las plataformas flotantes de la costa. Los hielos periféricos se mueven más rápido que los centrales. Un aspecto interesante en la Antártida es que en invierno la superficie de hielo aumenta levemente (mientras se reduce en el Ártico), lo cual se debería a una intensificación de los vientos que circundan al continente. La razón de este cambio se atribuye al crecimiento del agujero de ozono en la atmósfera, que aumenta la densidad de energía que llega a



La pérdida de las plataformas de hielo produce un efecto dominó debido a que acelera el movimiento de los glaciares, la reducción de espesor y el calor que se genera por fricción contra la roca.



Secuencia de pérdida de las plataformas Larsen A y Larsen B en la Península Antártica.

la superficie y produce vientos más fuertes. El incremento de la superficie de hielo en la Antártida es leve y, finalmente, la tendencia debería invertirse con el aumento del calentamiento global. Se ha estimado que deberían pasar milenios para que toda la Antártida pierda la criósfera (nieve y hielos).

El lago Vostok

Casi en el centro de la Antártida y bajo 3,7 km de espesor de hielo, se encuentra el lago Vostok. Tiene 250 x 50 km (del tamaño de los Esteros del Iberá), las aguas están líquidas a -3° C y con una presión de 360 atmósferas. En tanto, en la superficie se ha medido un récord de -89,2° C (julio 1983). En la Antártida se han contabilizado cerca de 300 lagos que están líquidos aún, y las causas se atribuyen a dos posibles alternativas: la combinación de presión-temperatura o la energía geotérmica. Una perforación del hielo en el lago Vostok ha permitido evaluar el clima en los últimos 420.000

años. Se observan valores diferentes a Groenlandia, para el mismo período, con una cantidad de CO₂ sin precedentes en la actualidad. El agua dulce del lago Vostok tiene niveles de oxígeno disuelto 50 veces mayores a los lagos de la superficie; se han medido mareas de 1 a 2 cm de acuerdo con la posición del Sol y la Luna, y se han encontrado ríos subglaciares que podrían unir los lagos. En 2013 se extrajo agua del Vostok y se encontraron unas 3000 especies de bacterias vivas. Estos datos pueden ayudar en la búsqueda de vida en Europa, la luna de Júpiter, que se encuentra cubierta to-

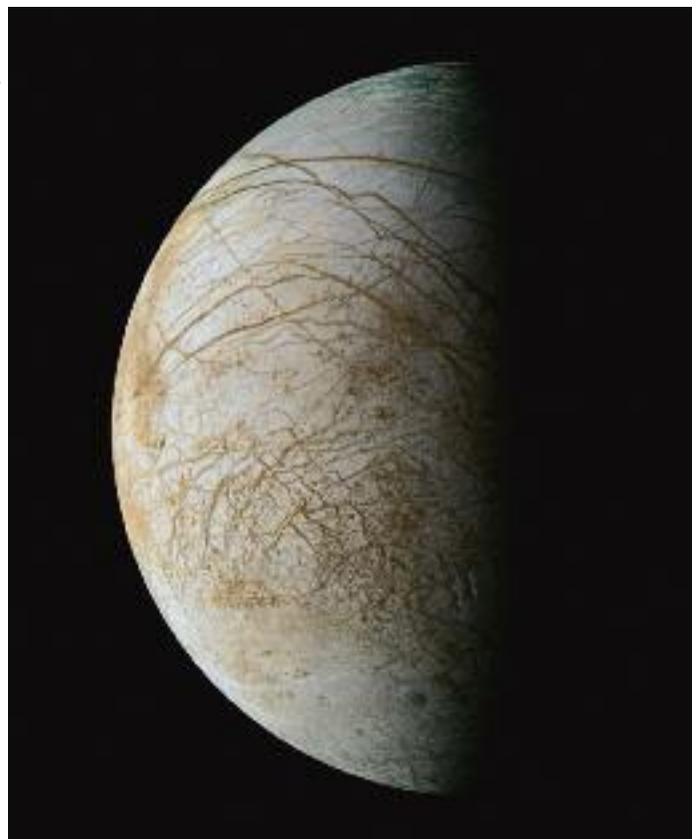
talmente de hielo, como la Antártida.

Glaciares andinos

Se considera glaciar cuando tiene al menos una hectárea de superficie. El relevamiento en los Andes argentinos entrega una decena de miles. Fuera del glaciar (ambiente periglacial) se encuentra el permafrost, con superficies muy inferiores a las del hemisferio norte, pero valiosas por su acumulación de agua dulce.

Los glaciares que aún permanecen sobre los Andes son el fruto de la fragmentación en las cumbres de las montañas, y se encuentran en retroceso. En realidad, los

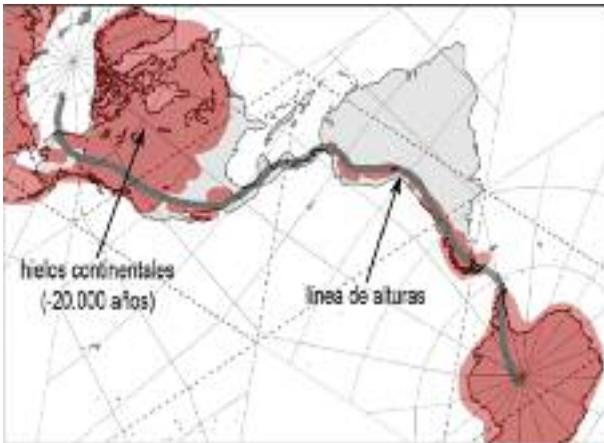
Europa, la luna congelada de Júpiter. Con calor interno, se supone que posee un océano global de agua líquida.



NASA/ESA/ASI.



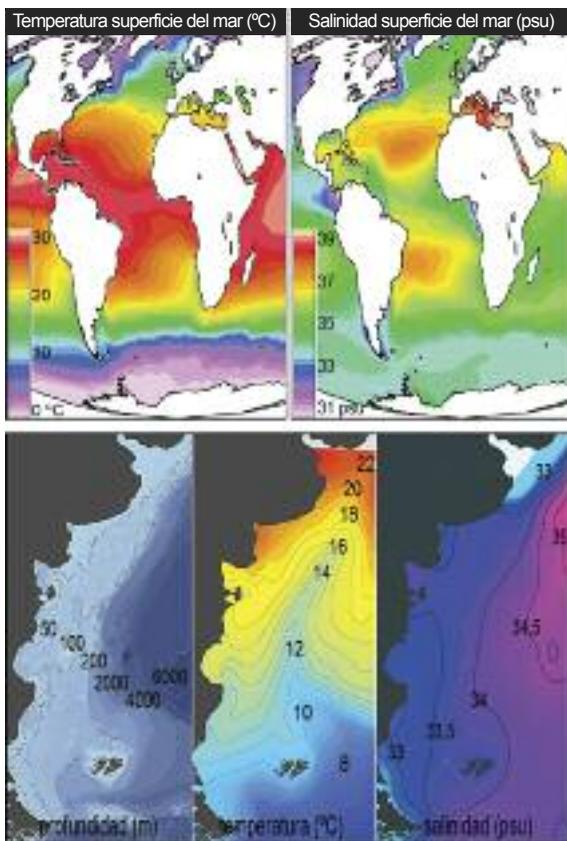
El continente antártico sin hielo. El lago Vostok, a 3700 metros por debajo de la superficie, se encuentra en estado líquido y con vida bacteriana.



La línea de altas cumbres de América y el nivel de los glaciares. Hace 20.000 años, en la última glaciación, las nieves andinas estaban unos 1000 metros más abajo que en la actualidad.

glaciares no “retroceden” ya que siempre avanzan en pendiente por acción de la gravedad; lo que retrocede es la línea de base debido a que se derriten más rápido que el aporte de nieve. Los glaciares andinos están amenazados

no sólo por el calentamiento global sino por el enfriamiento del mar Antártico, el agujero de ozono y los vientos que circundan a la Antártida. Esto causa una

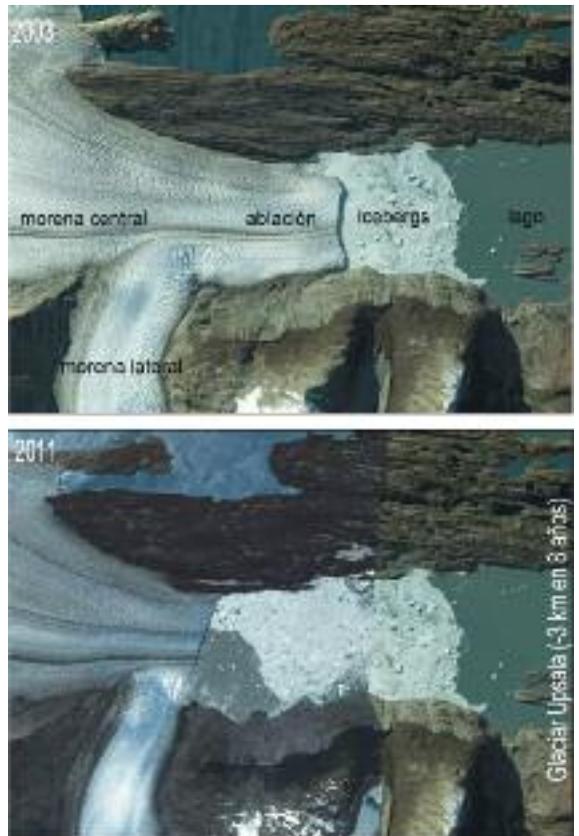


Las diferencias de temperatura y salinidad son el motor de las corrientes marinas y la productividad de la vida. El Mar Argentino es una zona de máxima producción debido al choque de corrientes cálidas (superficial desde el norte) y frías (antártica profunda).

reducción de las nevadas y una pérdida de espesor en los glaciares. El juego entre las temperaturas bajo cero y las precipitaciones en forma de nieve es el que mantiene estable a los glaciares. En el año 2002, en su cuenca mayor, el glaciar Upsala (Santa Cruz) tenía un espesor de 1300 metros. Diez años después era menor a 1000 metros. Hace 20.000 años, en el máximo de la última glaciación, los hielos andinos se encontraban 1000 metros más abajo que los actuales. La necesidad de proteger estos hielos ante el avance de la minería a cielo abierto dio origen a la Ley de Glaciares.

Corriente termohalina

En oceanografía física se llama así a una parte de las corrientes oceánicas conocida también como “cinta



Retroceso del glaciar Upsala en Santa Cruz entre 2003 y 2011. Son 3 km de retroceso en sólo 8 años. (Imágenes de Google Earth).

transportadora”. Forma un circuito cerrado que se mantiene en movimiento por la diferencia de densidad del agua de mar, producto de gradientes de temperatura y salinidad (termohalina significa térmico-salino) que varían con la profundidad. Esta corriente garantiza el flujo neto de calor desde las regiones tropicales hacia las polares e influye en el clima terrestre, principalmente en Europa. El “motor” de la circulación termohalina toma energía de las diferencias de densidad, donde las aguas más densas se hunden por la gravedad. La densidad depende de la temperatura y la salinidad; la densidad aumenta si la temperatura disminuye o si la salinidad aumenta. Podemos iniciar el viaje sobre la cinta transportadora en la Antártida, la que se encuentra “aislada” por una corriente circular que existe desde hace 34 millones de años. En aquel momento la Península Antártica se separó de Sudamérica y, desde entonces, la corriente circular garantiza la estabilidad térmica a largo plazo del continente helado. Desde la corriente antár-

“
Para este siglo se espera una reducción significativa de la masa de hielo polar y su pérdida total en el verano. Se produciría un descenso de la temperatura en Europa, Norteamérica sería más fría y seca, y el Atlántico Sur, más cálido.
 ”

tica, la cinta transportadora pega contra Chile y se dirige hacia el ecuador; gira en el Pacífico y se calienta en su recorrido ecuatorial. La temperatura aumenta mientras recorre el Océano Índico hasta el Atlántico. Cuando la corriente superficial cálida llega al Atlántico, sube por la costa oeste del Atlántico Norte (Corriente del Golfo); se enfría durante el recorrido y se hunde en latitudes cercanas al polo norte. En ese lugar forma una masa de agua salada y fría que se hunde y retorna al ecuador por las profundidades. El recorrido completo lleva unos 1600 años a una velocidad promedio de 10 cm por segundo, y las masas de agua transportan energía (calor) y materia (sólidos, sustancias disueltas y gases). En el Ártico, el clima es más inestable debido a que no hay una corriente circumpolar. En el Atlántico Norte la temperatura continental está gobernada por los vientos circumpolares que soplan de oeste a este. Este viento evapora el agua superficial, calienta el aire y reduce la temperatura del agua. Los vientos cálidos se dirigen a Europa y ofrecen un clima templado (comparado con el de Siberia). La evaporación del océano también provoca un aumento en la concentración de sales. En el Ártico, la formación de hielo separa el agua y deja una salmuera disuelta que incrementa aún más la salinidad. Así, más frías y saladas (más densas), las aguas se hunden por gravedad hacia el fondo y son empujadas hacia el sur en un largo camino de retorno. Las aguas cálidas superficiales lle-

gan a 25° C, y las frías profundas, a 5° C.

Europa en riesgo

El recorrido de la circulación oceánica depende de la configuración de los continentes. Ambas se modifican a largo plazo con la tectónica de placas y la deriva continental, y eso afecta al clima y a la biodiversidad. Cuando se generó el Istmo de Panamá hace 5 millones de años, cambiaron las corrientes oceánicas, y eso dio lugar a las glaciaciones del hemisferio norte. Cuando América del Norte y del Sur no estaban interconectadas, la Corriente del Golfo en el Atlántico era más débil, pero lograba entrar en el Ártico y lo mantenía descongelado. Con el cierre del Istmo de Panamá, la Corriente del Golfo aumentó en caudal, pero también en salinidad (y se hunde al llegar al norte). Como resultado, el Océano Ártico está congelado.

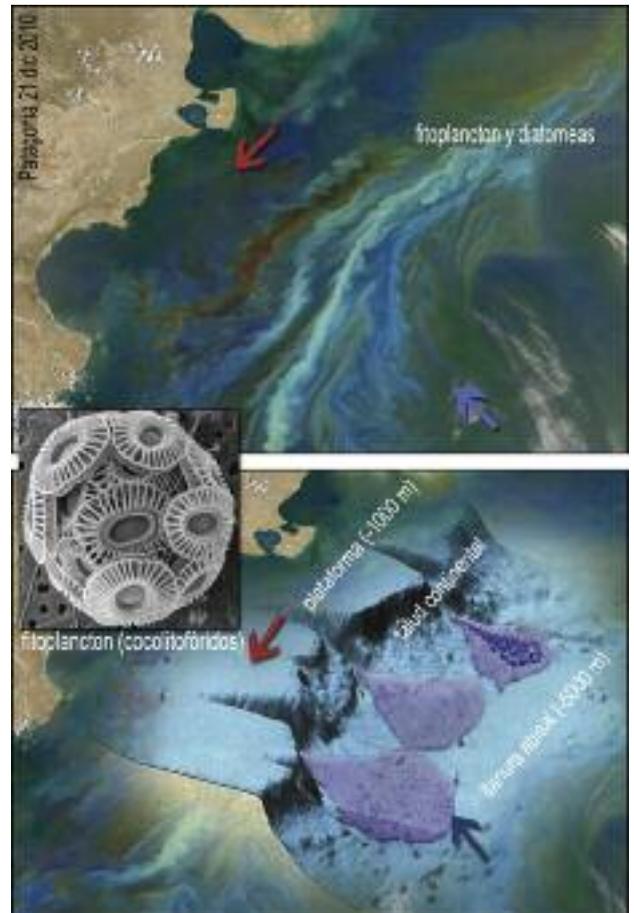
Para este siglo se espera una reducción significativa de la masa de hielo polar y su pérdida total en verano. El incremento del flujo de agua dulce reducirá la salinidad y podría impedir que el agua fría se hunda. Esto afectará a la circulación oceánica, con un debilitamiento o quizás un colapso en la circulación termohalina. De ocurrir, se produciría un descenso de la temperatura en Europa, con condiciones similares a la actual Rusia. Norteamérica se vería afectada con un clima más frío, seco y ventoso. En África, el clima sería más seco; y en el Atlántico Sur, más cálido.

El Mar Argentino

El Atlántico tiene el 29% del área de los océanos, pero absorbe el 38% del CO₂. Esto se debe a la intensa

circulación y al intercambio de corrientes en el norte, donde se genera la mayor cantidad de CO₂ de origen antropogénico del planeta. En el Mar Argentino suelen enfrentarse dos corrientes, una cálida superficial que baja desde Brasil y es cercana a la costa, y otra fría profunda que se desprende de la corriente antártica al sur. Esta corriente fría profunda choca contra el talud de la plataforma continental y asciende desde -5000 metros hasta -1000 metros, y lleva nutrientes que alimentan el fitoplancton. Por otro lado, el Río de la Plata aporta depósitos de nitrógeno y sedimentos de hierro continentales. El Sol del verano alimenta el coctel microscópico de fitoplancton, el cual se convierte en sustento para el zooplancton y el resto de la cadena alimenticia.

La plataforma continental patagónica es una de las áreas oceánicas de mayor absor-



Fotografía satelital de la producción de fitoplancton en verano. Esta actividad en la base de la cadena alimentaria llega hasta las ballenas que se alimentan del plancton. La corriente fría antártica profunda levanta los nutrientes hasta la superficie.

ción de CO₂, que en el mar se absorbe en los primeros 100 metros de profundidad, donde llega la luz solar y se reproduce el fitoplancton mediante fotosíntesis. Esta zona tiene una capacidad de absorción cuatro veces superior al promedio de los océanos. Pero el exceso de CO₂ en los mares produce la reducción del pH (acidificación) y afecta a la vida marina.

El fitoplancton absorbe el CO₂, y cuando muere, transfiere una cuarta parte del carbono al fondo del océano. En el proceso se proporciona el 50% del oxígeno del planeta. El fitoplancton requiere hierro (Fe) para crecer, y su ausencia genera aguas

muertas, sin capacidad para absorber CO₂ (es el 30% de la superficie oceánica).

Conclusión

Las corrientes marinas y los glaciares polares están interconectados. La vida microscópica, y por lo tanto, toda la vida marina, dependen de esas corrientes. Los cambios en los que estamos inmersos, debidos al consumo de combustibles fósiles, producirán ganadores y perdedores. El conocimiento de estas relaciones permitirá planear las medidas de mitigación (contener el daño) y adaptación (sobrevivir al daño). **El planeta y la vida no están en**

peligro. Ambos sobrevivirán al hombre. Lo que está en peligro es la sociedad humana tal cual la conocemos. ■

*El autor: **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).



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



EN INTERNET
<http://www.planetario.gob.ar/revista.html>
revistaplanetario@buenosaires.gob.ar



Entre el 25 y el 27 de abril se realizó el décimo **Star Party Valle Grande 2014**, un encuentro observacional organizado por el Instituto Copérnico de Rama Caída, Mendoza. Alrededor de 170 personas entre aficionados, estudiantes, docentes y profesionales se reunieron para compartir charlas, conferencias, observaciones, fotografía astronómica, presentaciones de libros y muestras de arte. La reunión, realizada a orillas del río Atuel, una vez más fue un éxito, y su próxima edición ya tiene fecha: 17 al 19 de abril de 2015. En la provincia más "astronómica" de nuestro país, la calidad de su cielo puede apreciarse a través de estas imágenes de **Andrea Anfossi**.



15 DE ABRIL DE 2014

Eclipse total de Luna



Mariano Ribas.

Mosaico fotográfico que muestra el desarrollo del eclipse entre las 3:06 h y las 6:07 h. La imagen central corresponde a las 5:22 h, cuando faltaban sólo 3 minutos para el final de la totalidad.

Unas tres mil personas se concentraron en el Planetario de Buenos Aires para observar, a simple vista, a través de telescopios y de una pantalla gigante, el evento astronómico más importante del año. El show comenzó minutos antes de las 3 h, cuando nuestro satélite ingresó en la umbra, la parte central del cono de sombra terrestre. Minuto a minuto, la sombra redondeada de la Tierra fue cubriendo el disco lunar, como un “mordisco” oscuro cada vez más grande. La Luna se tiñó de un color rojizo anaranjado entre las 4:07 h y las 5:25 h, cuando comenzó el proceso de retorno a su tonalidad habitual. Después de las 6:30 h, ya blanca y bien redonda, la Luna Llena mostraba su apariencia normal. Durante este eclipse la Luna estuvo escoltada por la estrella azulada Spica y por el planeta Marte, cuyas vistas pueden destacarse en la imagen de campo más amplio de la página 44. El eclipse pudo disfrutarse desde todo el país, y el próximo que veremos completo será el del 28 de septiembre de 2015, ya que el del 8 de octubre próximo y del 4 de abril de 2015 los veremos poco y nada.



Ignacio Díez Bobillo.

Durante la totalidad de un eclipse de Luna, nuestro satélite queda inmerso por completo en la sombra de la Tierra. Entonces, sería lógico pensar que la Luna debería “desaparecer”. Sin embargo, la vemos con este color anaranjado producto de la luz del Sol dispersada por la atmósfera de la Tierra. Las partículas en suspensión en nuestra atmósfera (polvo, ceniza volcánica, contaminación) absorben y refractan los colores de la luz en diferentes ángulos. Los colores más cercanos al azul son absorbidos por las moléculas de la atmósfera y por eso vemos el cielo celeste durante el día. Los colores más cercanos al rojo llegan sin oposición a la Luna durante un eclipse.



Mariano Ribas.

Estas dos imágenes fueron tomadas, con diferencia de segundos, a las 5:33 h, apenas 8 minutos después del final de la totalidad. En ese momento, el 85% del disco lunar aún estaba dentro de la umbra. Las dos diferentes exposiciones fotográficas permiten ver mejor, en cada caso, la zona directamente iluminada por el Sol (izquierda) y la débil luz rojiza de la umbra (derecha).



Secuencia fotográfica de la primera mitad del eclipse, desde las 6:00 h de Tiempo Universal (las 3:00 de Hora Argentina), pocos minutos después del inicio, hasta las 7:40 UT (4:40 H. Arg.), promediando la totalidad, realizada desde Pilar, provincia de Buenos Aires.



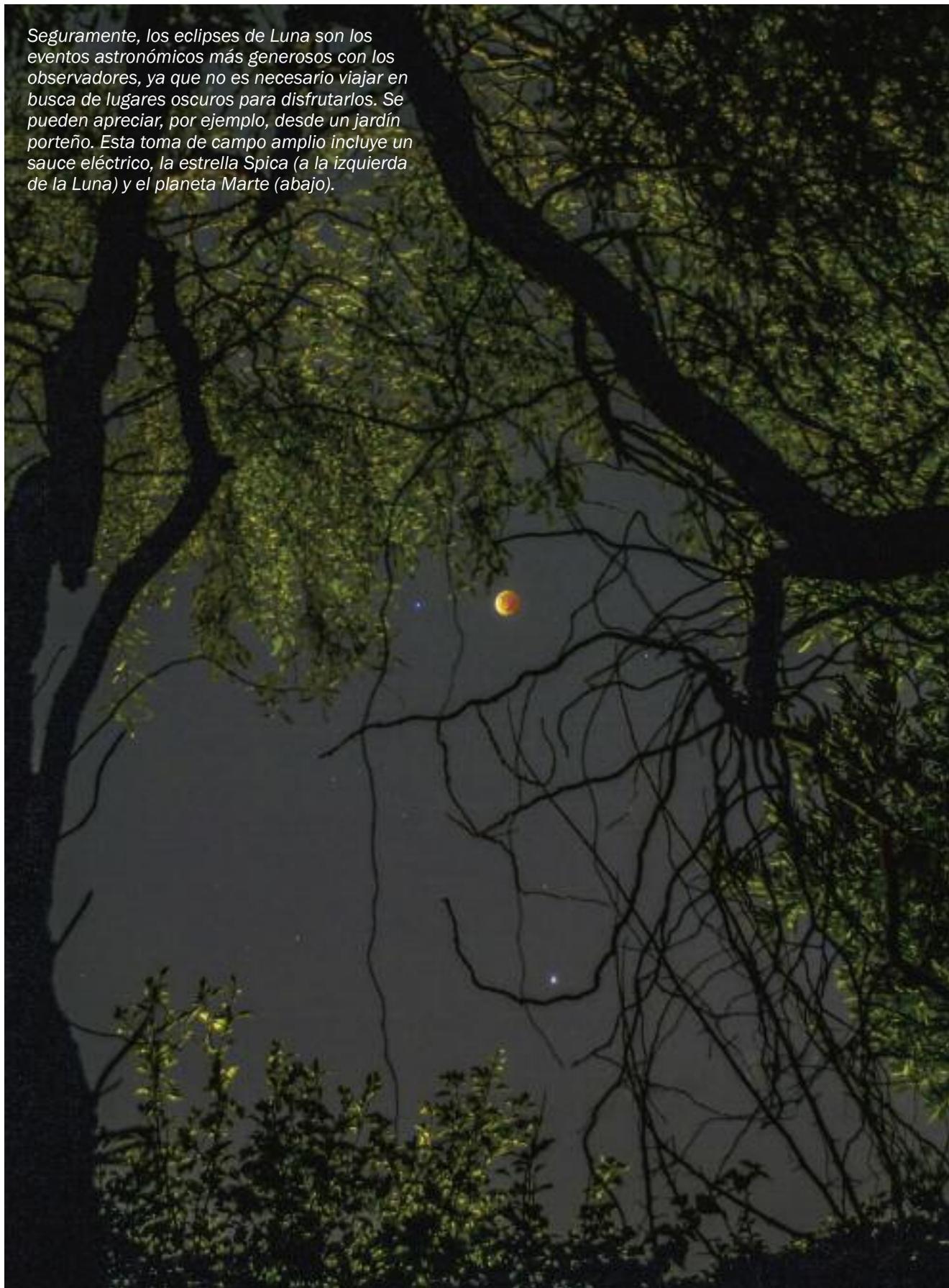
Foto de tapa:

Secuencia del eclipse tomada desde Acassuso, provincia de Buenos Aires. Se realizaron 48 tomas, cada una de 4 segundos de exposición, capturadas con un intervalo regular de 4 minutos entre toma y toma. Los astros que se ven paralelos a la Luna son: a la izquierda, más alejado, Saturno; el más cercano a la Luna, la estrella Spica; a la derecha, Marte; y a la derecha contra el rincón inferior de la imagen, la estrella Arturo.

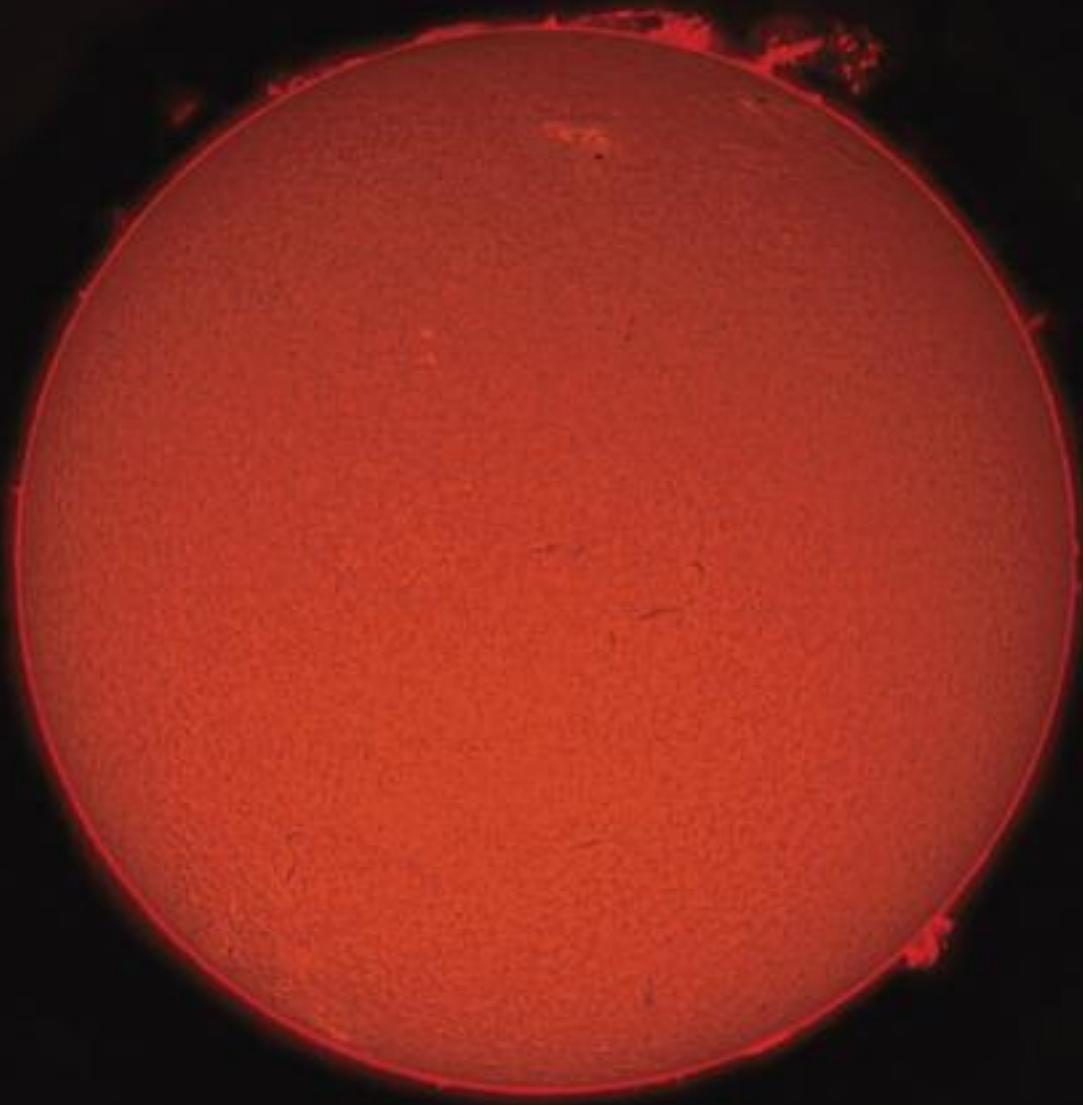
Se puede ver la secuencia completa, paso a paso, en: <http://youtu.be/75X48BAjA2c>

Autor: Enzo De Bernardini (sitios web: Astronomía Sur y Sur Astronómico).

Seguramente, los eclipses de Luna son los eventos astronómicos más generosos con los observadores, ya que no es necesario viajar en busca de lugares oscuros para disfrutarlos. Se pueden apreciar, por ejemplo, desde un jardín porteño. Esta toma de campo amplio incluye un sauce eléctrico, la estrella Spica (a la izquierda de la Luna) y el planeta Marte (abajo).



Andrea Anfossi.



Durante fines de mayo y comienzos de junio, la actividad solar fue particularmente intensa. En esta foto del 1º de junio en luz H-Alpha se aprecian varios detalles: granulación, plages (regiones de mayor temperatura y densidad en la cromosfera) y filamentos. Pero lo más llamativo son las dos grandes prominencias (erupciones de gas ionizado), de unos 200.000 km de largo cada una, que mostraron una estructura compleja y fragmentada. La imagen es el resultado del procesado digital de 20 tomas individuales, obtenidas con una cámara de 12 megapíxeles y un telescopio H-Alpha de 60 mm de diámetro.



CITROËN



MEADE®



AudioStar DS 102

UNA NUEVA FORMA DE MIRAR AL CIELO
Vivi una experiencia distinta.

Además / Además de / Además de / Además de

EL MAYOR SHOW ROOM DE BINOCULARES Y TELESCOPIOS
ASTRONOMICOS, TERRESTRES Y SOLARES A SU ALCANCE.

VENGA A VERLOS EN ACCION !

Y DISFRUTE DE NUESTRO ASESORAMIENTO PROFESIONAL

Disponibles línea completa de accesorios, oculares, filtros, adaptadores fotográficos, duplicadores de potencia, prismas y lasers.



OPTICA-FOTOGRAFIA-VIDEO
cosentino

AV. PTE. R. SAENZ PENA 736 (11) 4328-9120
ECHEVERRIA 2484 (11) 4781-6622

www.cosentinostore.com.ar



www.fundacion Siemens.com.ar

Fundación Siemens reafirma su compromiso social

Corporate Sustainability.

La Fundación Siemens Argentina acompaña al Planetario Galileo Galilei en su fase de renovación tecnológica; reafirmando así su compromiso social para promover el desarrollo humano integral. La Fundación Siemens tiene como objetivo impulsar la mejora de la calidad de vida de nuestras comunidades,

haciendo principal 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.