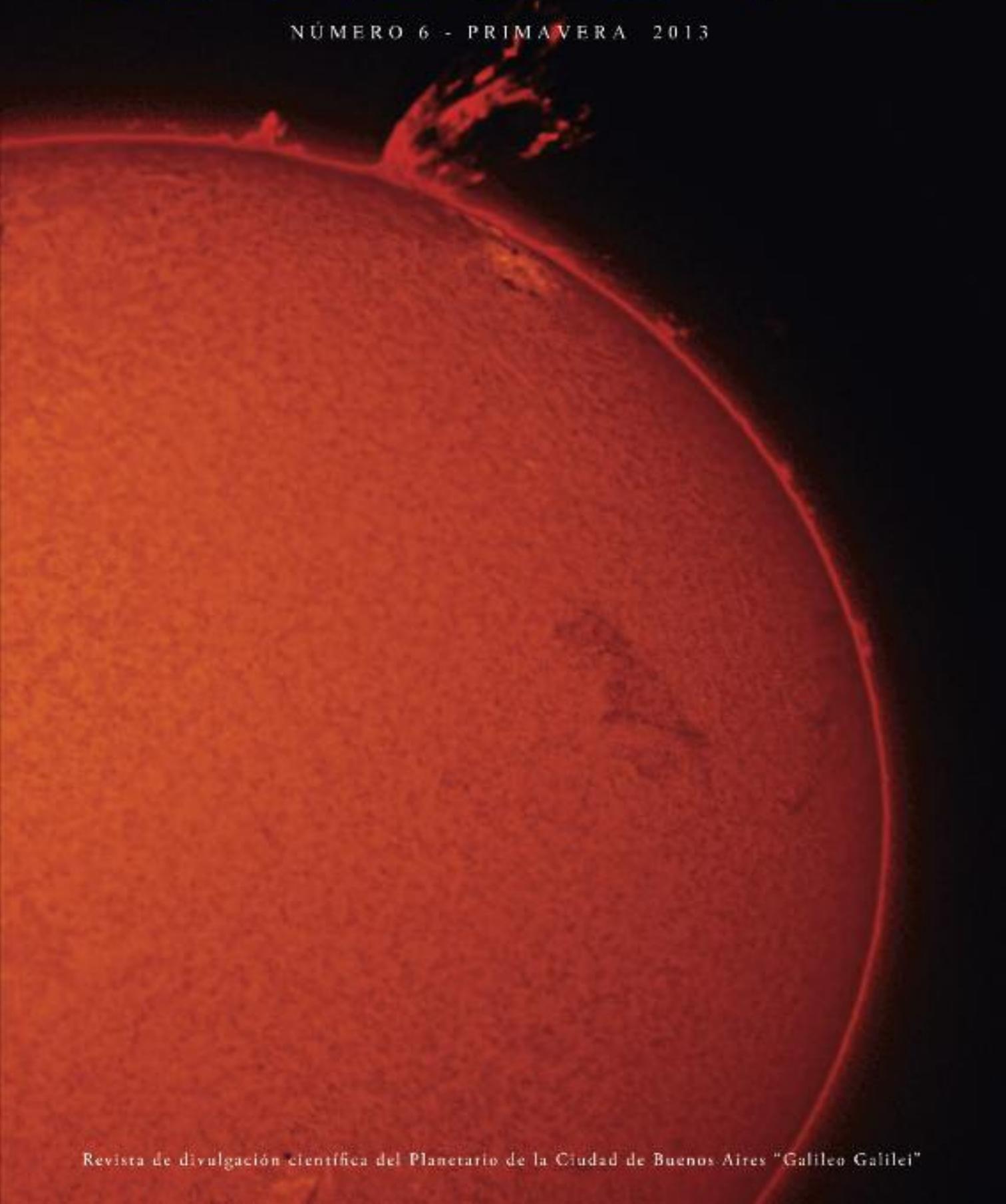


# SI MUOVE

NÚMERO 6 - PRIMAVERA 2013



# Cosmic (Colisiones Cósmicas) Collisions

Con la narración de Luis Brandoni

Dinámicas y deslumbrantes, las *Colisiones Cósmicas* 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 Cósmicas* proporciona una visión extraordinaria de estos eventos catastróficos y constructivos que han dado forma a nuestro mundo y al universo.

[www.planetario.gob.ar](http://www.planetario.gob.ar)  
[www.buenosaires.gob.ar/agendacultural](http://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 6 - PRIMAVERA 2013

## 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**  
GUILLERMO ABRAMSON  
LEONARDO GONZÁLEZ GALLI  
SEBASTIÁN APESTEGUÍA  
WALTER GERMANÁ  
MARCELA LEPERA  
SANDRA COSTA  
SABRINA MOTTINO

**Colaboradores**  
Dr. Juan Carlos Forte, Luis Raineri, Carlos Di Nallo, Sergio Eguivar, Omar Mangini, Carolina Ventiades, Luciano Gabardi, Leonardo Julio, Luis Argerich, Adriana Ruidíaz.

**Correctores**  
Walter Germaná, Natalia Jaoad.

**Agradecimientos**  
Oded Kindermann (AstroJujuy); NASA, Nebraska SPG, Univ. de Arizona, Univ. de Texas (EE.UU.); UNAM (México); Geological Survey (Canadá).

**Administración**  
GRACIELA VÁZQUEZ  
MARCELA BARBIERI

**Impresión**  
IMPRENTA 4 COLORES S.A.  
www.imprensa4colores.com

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 - Sr. Alejandro Gómez  
Directora del Planetario - Lic. Lucía C. Sendón



Carlos Di Nallo.

## EDITORIAL

Bienvenidos a este nuevo número de nuestra querida **Si Muove**. Esta sexta edición está dedicada, en gran parte, al Sol, nuestra estrella central. Consideramos que puede resultarles de interés conocer cómo funciona el Sol, cuál fue su origen y cómo será su futuro. Esta estrella, común y corriente de la Vía Láctea, está transitando la mitad de su vida, pero a medida que envejezca tendrá una evolución que estará estrechamente vinculada con la de nuestro planeta y sus condiciones de habitabilidad. Por eso, invitamos al biólogo Leonardo González Galli para que nos cuente cómo los seres vivos logran construirse y perpetuarse a través de su habilidad para utilizar la energía proveniente del Sol, y al paleontólogo Sebastián Apesteguía, para que nos muestre el camino de las extinciones. También pensamos que era necesario mostrar las diferentes formas de observar al Sol. Nuestro programa de observación y fotografía solar lleva ya dos años obteniendo imágenes de nuestra estrella.

Otro tema que nos interesó destacar fue nuestra labor en la enseñanza de la Astronomía para los más chicos. La producción de espectáculos para niños es una tradición que el Planetario de Buenos Aires sostiene desde sus inicios. Pero contar un cuento utilizando la nueva tecnología requería de animaciones y de una producción cercana al cine inmersivo, un proyecto ambicioso que demandaría sumar dibujantes, animadores y programadores al equipo de producción de espectáculos del Planetario. Es así que, con la participación de la productora *La Casa del Árbol*, estrenamos "Una de Piratas", la primera realización animada y producida por nuestra Institución con todas las posibilidades que brinda la nueva tecnología.

Otra actividad que nos interesó destacar en este número es nuestra última y más elaborada versión de "El cielo para todos", curiosa experiencia que propone conocer el cielo con el tacto y el oído, y una de las primeras propuestas a nivel mundial en divulgación de la Astronomía para no videntes. Nuevos desafíos nos esperan y estamos ávidos de poder realizarlos para ofrecérselos a nuestros visitantes.

**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 /// Ayer y hoy. 5-8 /// Larga vida al astro Rey. 9-11 /// Miradas al Sol. 12-16 /// La vida y el Sol. 17-18 /// Tardes estrelladas. 19-20 /// Planetario para ciegos. 21-23 /// Salidas de observación. 24-27 /// Cúmulo globular 47 Tucán. 29-36 /// Extinctum. 37-42 /// Cráteres de la Tierra. 43-44 /// Cráteres de la Luna. 45 /// AstroJujuy. 46 /// El Sol en la lata.



## Pasión de multitudes

El Planetario de Buenos Aires es realmente popular. Desde su primera función, el 13 de junio de 1967, han pasado por su edificio, en los bosques de Palermo, millones de personas. No se puede asegurar que la Astronomía haya despertado tantos adeptos como el fútbol, el deporte más popular del mundo, pero algo en común tienen. Muy cerca de donde hoy se encuentra el Planetario, casualmente, 100 años antes de su inauguración, se llevó a cabo el primer partido oficial de fútbol en nuestro país, el 20 de junio de 1867. Allí mismo se encontraba el campo de juego del *Buenos Ayres Cricket Club*, el por entonces “deporte” tradicional que practicaban los ingleses. Un monolito, cerca del caminito de ingreso que da a la calle Belisario Roldán, y una crónica del diario británico *The Standard*, son los únicos recuerdos de este trascendental acontecimiento. Se enfrentaron dos equipos de empleados ingleses de casas de comercio e importación, bursátiles y agropecuarios, aunque no pudieron juntar la cantidad necesaria de *players*, sino que jugaron ocho contra ocho. Los de boinas rojas vencieron a los de boinas blancas por 4 a 0. Las pocas decenas de personas que se juntaron ese día en Palermo no sospechaban que, décadas más tarde, los criollos adoptarían ese deporte como propio. Tampoco podían imaginar que en ese mismo lugar, un siglo después, se levantaría otra institución que convocaría multitudes, gracias a una ciencia que es una verdadera pasión. ■



## Piedra libre a Venus

...detrás de la Luna. El domingo 8 de septiembre nuestro satélite natural ocultó a Venus, y cerca de mil personas se dieron cita para observarlo desde el Planetario. Fue el final de una interesante racha de ocultaciones que, casualmente, había comenzado un año atrás, el 8 de septiembre de 2012, cuando la Luna se interpuso delante de Júpiter. En el medio, otras tres ocultaciones de Júpiter (en noviembre, diciembre y enero) completaron la serie. El año próximo, el planeta a ocultar será Saturno y, además, tendremos la oportunidad de disfrutar, al menos parcialmente, de dos eclipses de Luna, el 15 de abril y el 8 de octubre. ■



Carlos Di Nallo.

EL SOL

# Larga vida al astro Rey

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



*La caída de Faetón (hijo de Helios en la mitología griega, quien tomó el carro del Sol y se desbarrancó) según la obra de Rubens en 1636.*

En esta edición de **Si Muove** queremos dedicar algunos artículos a la vida en la Tierra, a su relación con los fenómenos astronómicos y a las extinciones masivas. Gracias a los avances de la ciencia sabemos cómo funciona el Sol y por qué su energía es vital para que los seres vivos se desarrollen. La manera en la que se nutren de esa energía será contada por un especialista en biología páginas más adelante. Para apoyar esas ideas, intentaremos explicar primero qué es el Sol, su historia y su futuro, para luego dedicarnos a cómo se relaciona con la vida en nuestro planeta y con el entorno.

**L**a importancia del Sol para nuestras vidas es una de las mayores certezas que el ser humano ha poseído siempre. Sólo hace falta parar un rato y pensarlo un poco para darnos cuenta de que toda la vida en la Tierra depende de la energía, de la luz y del calor del Sol. Las primeras ci-

vilizaciones observaron el crecimiento de las plantas y descubrieron la relación con el hecho de que, en diferentes épocas, el Sol realizaba diferentes ciclos, pasaba más o menos tiempo visible en el cielo y alcanzaba diferentes alturas al mediodía. Todas las culturas estuvieron íntimamente relacionadas con el Sol. Fue una deidad, una

roca ígnea, el padre universal, el símbolo de la perfección. Hoy sabemos que es mucho más que eso. Pertenece a un tipo de objeto que, seguramente, es el más importante que existe en el universo: **una estrella**, cuya única diferencia con las que vemos por la noche es que está mucho más cerca de nosotros. Entonces,

Leonardo Julio.



IC 4603 (en Ofiuco y Escorpio), una nebulosa oscura como la que le dio origen al Sol.

las estrellas son soles lejanos.

El Sol, además, colabora en las mutaciones que, de manera muy lenta, hacen evolucionar a las especies. Pero también, a la larga, será el encargado de eliminar todo vestigio de vida. Durante varios miles de millones de años, el Sol se ha mantenido estable. Las condiciones de habitabilidad en la Tierra se regulan según la cantidad de energía recibida del Sol, y esa energía, más allá de ciertas variaciones y ciclos (que pueden provocar extinciones, glaciaciones, derretimiento de casquetes polares y otras catástrofes ecológicas), es bastante constante.

La ciencia actual puede explicar cómo funciona el Sol y cómo se interrelaciona con toda la ecología de nuestro planeta. Cómo obtienen los seres vivos la energía proveniente del Sol para realizar sus ciclos vitales es algo que será contado en **La vida y el Sol** (página 12). Aquí intentaremos explicar básicamente qué es el Sol, cómo funciona, cómo se desarrolló y cuál será su futuro.

### Una del montón

El Sol es una estrella entre casi 400 mil millones de estrellas que hay en la galaxia Vía Láctea (y en el universo hay cientos de miles de millones de galaxias). Se encuentra a 27 mil años luz del centro de la galaxia y da una vuelta completa en torno a ese centro cada 230 millones de años, arrastrando a todo el Sistema Solar a 300 km por segundo. Los 150 millones de km que separan a la Tierra del Sol resultan insignificantes en la escala galáctica<sup>1</sup>.

Nuestra estrella mide casi 1.400.000 km

de diámetro, en su volumen entraría un millón de veces la Tierra y representa el 99,5% de la masa de todo el Sistema Solar. Su enorme tamaño y masa (330.000 veces la de la Tierra) se traduce en una potente fuerza de gravedad que mantiene a los planetas atrapados, girando a su alrededor.

Es una estrella común que está atravesando la etapa más larga y estable de su evolución. Hay estrellas más chicas y otras, mil veces más grandes; de diferentes temperaturas y, por consiguiente, de diferentes colores. Algunas son solitarias, como el Sol; otras son dobles, triples, sextuples, o forman parte de cúmulos.

En el Sol se produce una serie de variados y espectaculares fenómenos, algunos de los cuales reproducimos en las imágenes de nuestra tapa y en el artículo titulado **Miradas al Sol** (página 9). La observación a través de diferentes técnicas permite mostrar al Sol como un astro activo. En cuestión de horas se pueden ver cambios: prominencias que se elevan decenas de miles de kilómetros; enormes lenguas de gas caliente que erupcionan, cambian de forma, brillo y tamaño; finos y oscuros filamentos; y las clásicas manchas, cuyos tamaños pueden superar varias veces al de nuestro planeta. Pero, ¿cómo se formó y de dónde salió todo ese material que produce tanta energía?

### En un rincón de la galaxia...

Hace unos 5000 millones de años, más cerca del borde que del centro del cuerpo

principal de la Vía Láctea, una extensa nebulosa de gas<sup>2</sup> y polvo, como tantas en nuestra galaxia, comenzó a contraerse y a fragmentarse por acción de su propia gravedad; probablemente, también, ayudada por la onda expansiva de alguna explosión de supernova cercana. Mientras la nube se contraía, durante unos 500 millones de años, la temperatura y la presión en el centro se elevaban cada vez más. Cuando el núcleo central superó los 10 millones de grados, los átomos de hidrógeno comenzaron a fusionarse. Ante esas condiciones, los núcleos de los átomos experimentan reacciones inconcebibles para el tranquilo ambiente terrestre. Cuatro núcleos de hidrógeno, fusionados por la presión y la temperatura, forman un elemento más pesado, el helio. Esa transformación libera la energía que baña todo el Sistema Solar y posibilita, entre otras cosas, la vida en la Tierra. (Por la cantidad de masa que posee el Sol, la energía que se libera equivale a 100.000 millones de bombas H por segundo). Cuando eso comenzó a suceder, el Sol se encendió. Así nació el Sol y otras estrellas, de la misma nebulosa. Así nacen las estrellas. Esos procesos de fusión termonuclear siguen ocurriendo en el interior del Sol, y es lo que seguirá sucediendo durante unos 5000 millones de años más.

Después de la formación del Sol, otros materiales más pesados, muchos aportados por la explosión de la supernova cercana, se distribuyeron de manera diferenciada en un disco alrededor de la estrella. Los más pesados, como hierro, carbono, oxígeno, calcio, nitrógeno, permanecieron más cerca de la estrella, y los más volátiles, más alejados. Con el tiempo, ese material se fue fusionando y fue colaborando en la formación de los planetas, satélites, asteroides, etc.

Como resultado de la constante fusión termonuclear del hidrógeno en helio, el núcleo de la estrella se va compactando y calentando sostenidamente. El Sol se hará cada vez más caliente y energético. Hoy es un 30 % más luminoso que hace 4500 millones de años, y esta tendencia continuará. Como todas las estrellas, el Sol funciona gravitacionalmente porque el enorme peso de sus capas externas oprime su núcleo, lo que genera presiones y temperaturas extraordinarias. Ese núcleo es como

un horno nuclear a 15 millones de grados, donde cada segundo 700 millones de toneladas de hidrógeno se fusionan para convertirse en helio. Pero la presión del gas y la energía liberada contrarrestan el peso de las capas exteriores. Sin esa presión, la gravedad haría colapsar a la estrella sobre sí misma, debido a su peso. Es un empate constante de fuerzas, entre la gravedad y la presión, lo que hace que la estrella se mantenga en equilibrio. Pero algún día, ese empate se termina.

### El principio del fin

El Sol seguirá fusionando hidrógeno a un ritmo lento pero cada vez más intenso, aumentando su presión y su temperatura. Dentro de mil millones de años, el Sol será un 10% más caliente que en la actualidad, y eso afectará al clima en nuestro planeta, que paulatinamente se volverá un lugar hostil para toda forma de vida.

Mucho tiempo después, cuando el Sol esté cerca de sus 12 mil millones de años de edad, ya no le quedarán reservas de hidrógeno en su núcleo, que será casi exclusivamente de helio. La radiación del núcleo no podrá frenar el peso de las capas exteriores. Este colapso aumentará la presión sobre el núcleo de helio, la temperatura llegará a los 60 millones de grados y el helio ahora se fusionará (como antes lo hacía el hidrógeno) en carbono y oxígeno. Las capas exteriores se irán hinchando lentamente, hasta que el Sol se convierta en una gigante roja, con un diámetro cercano al de la órbita terrestre: 300 millones de km. Para ese entonces, se habrá “tragado” a los planetas interiores, incluida la Tierra.

Pero con el Sol tan grande y sus capas exteriores tan lejos del núcleo, tan poco densas y livianas, será incapaz de fusionar carbono y oxígeno. Así se perderá el equilibrio, las capas exteriores escapan al espacio y se expandirán lentamente. En el centro, el núcleo pequeño y muy caliente, convertido en una enana blanca del tamaño de la Tierra pero extremadamente compacto, se irá enfriando y apagando lentamente durante cientos de millones de años, hasta convertirse en una enana negra: el cadáver de lo que fue el Sol. Es un final lento pero anunciado, como el que le ocurre a todas las estrellas como el Sol, que son la mayoría. En cambio, otras,



*La nebulosa planetaria NGC 3132 (Vela), el fin de una estrella como el Sol. El nombre “planetaria” se debe a que vistas por pequeños telescopios, parecen planetas.*

mucho más grandes y masivas, sufren otros procesos más notables y violentos.

### Supernovas

Las estrellas que tienen entre 8 y 200 masas solares son pocas (menos del 5%), viven “sólo” entre 3 y 50 millones de años (casi nada comparados con los 12.000 millones de años que vivirá el Sol) y terminan sus días de forma abrupta y explosiva. El funcionamiento de estas estrellas, en principio, es el mismo que el de las estrellas “normales”: fusión termonuclear en su interior. Pero su enorme peso hace que eso suceda a un ritmo mucho mayor y que quemen sus reservas a toda velocidad. Si no fuera así, no podrían sostenerse. Mientras viven, son estrellas espectaculares, súper calientes, brillantes y enormes. Sus superficies azules pueden alcanzar los 50.000 grados (la del Sol, 6000 grados; y las de la mayoría, entre 2 y 8 mil grados). Agotan rápidamente su hidrógeno central, para luego convertir el helio en los otros elementos. Pero cuando eso sucede, la estrella todavía tiene masa suficiente como para seguir comprimiendo y fusionando elementos más pesados, y así las temperaturas del núcleo aumentan a cientos o miles de millones de grados. Azufre, neón, sodio, magnesio, silicio y hasta hierro sólo se pueden fusionar en los hornos termonucleares de las estrellas supergigantes.

Mientras, la estrella se irá hinchando hasta convertirse en una supergigante roja (el color cambia porque baja la temperatura

superficial, debido a que ahora la densidad es menor), que puede medir tanto como la órbita de Júpiter (1500 millones de km).

Pero la estrella no podrá sostener la fusión, y cuando su corazón sea una bola muy caliente de núcleos de hierro, como el hierro absorbe energía en lugar de entregarla, la maquinaria se detendrá y la gravedad ganará la pulseada ante un núcleo incapaz de sostener el peso de la estrella. En una décima de segundo, toda la estrella se derrumbará sobre sí misma y provocará un rebote, y como resultado, todo explotará en uno de los fenómenos más extraordinarios y energéticos del universo: una supernova.

En pocos segundos, una supernova puede brillar como toda una galaxia. Se formará una onda de choque y se generará un flash de luz ultravioleta que brillará unas 10.000 millones de veces más que el Sol. Los restos de la estrella destrozada se expandirán durante miles de años y se enfriarán. El núcleo se compactará hasta formar una estrella de neutrones, con un diámetro de apenas 15 a 20 km y una densidad tan alta que un centímetro cúbico pesa 200.000 millones de kg. En casos extremos, lo que se forma podría ser un agujero negro<sup>3</sup>.

Aquellos gases que se dispersan al espacio a más de 25 millones de km por hora, son una lluvia de elementos químicos, más complejos que el hidrógeno y el helio, que se forjaron en el interior de esa estrella, o durante la explosión. Las supernovas son

el final de una estrella, pero pueden comprimir una nebulosa dispersa e iniciar la formación de una nueva generación de estrellas (y planetas). La existencia de carbono, oxígeno, nitrógeno, hierro y otros elementos en nuestro Sistema Solar, sugiere el estallido de una estrella hace más de 5000 millones de años, que no sólo ayudó a la contracción de la nebulosa original sino que, además, aportó los elementos más pesados para la formación de planetas, satélites, agua, vida...

Hace poco, en una conferencia organizada por el biólogo evolucionista Richard Dawkins, el cosmólogo estadounidense Lawrence Krauss, Doctor en Física Teórica por el *Massachusetts Institute of Technology* y Director de la *Origins Initiative* de la Universidad Estatal de Arizona, EE.UU., se refirió a las supernovas de la siguiente manera (que nos pareció acorde para el cierre de este artículo preliminar): “Cada átomo de tu cuerpo vino de una estrella que estalló. Y los átomos en la mano izquierda probablemente vinieron de una estrella diferente que los de tu mano derecha. Es realmente la cosa más poética que sé de la física: todos somos polvo de estrellas. Vos no podrías estar aquí si estrellas no hubieran estallado, porque los elementos —carbono, nitrógeno, oxígeno, hierro, todas las cosas que importan para la evolución— no fueron creados al principio del tiempo. Fueron creados en los hornos nucleares de las estrellas, y la única manera de que terminaran en tu cuerpo es si esas estrellas fueron suficientemente amables para estallar. Así que olvidense de Jesús. Las estrellas murieron para que pudiéramos estar hoy aquí”. ■

- 1 La estrella más cercana, *Alfa Centauri*, está a 40.682.300.000.000 (40 billones) de km, es decir, 4,3 años luz.
- 2 Fundamentalmente, hidrógeno. En la nebulosa tiene que haber nubes moleculares ( $H_2$ ), con una alta densidad de materia y una baja temperatura.
- 3 Un agujero negro es tan pequeño y denso que ni siquiera la luz puede escapar de él.

#### Bibliografía

*Historia de las Estrellas*, Mariano Ribas.  
*El Sol brilla luminoso*, Isaac Asimov.  
*Soles en explosión*, Isaac Asimov.  
*Cien mil millones de soles*, Rudolf Kippenhahn.  
*Historia de un átomo: una odisea desde el Big Bang hasta la vida en la Tierra*, Lawrence Krauss.

## Vindicación de la supernova

Por Guillermo Abramson, Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro. [guillermoabramson.blogspot.com](http://guillermoabramson.blogspot.com)



SN2012aw, una supernova que estalló en la galaxia M 95 (Leo), a 40 millones de años luz, en marzo de 2012.

¿De qué estamos hechos? Es una pregunta tan antigua que se pierde en la mitología. ¿De qué estamos hechos? ¿De barro insuflado por un aliento divino? ¿De maíz? ¿De ceniza, de madera? Las respuestas, a lo largo de milenios, fueron siempre las imaginadas por los mitos, la religión y la filosofía. Finalmente, como tantas otras veces, la pregunta cayó bajo la mirada escrutadora de la ciencia. Y, a lo largo del siglo XX, la ciencia dio con la respuesta gracias al trabajo paciente, riguroso e inspirado de astrónomos y astrofísicos. Es una respuesta maravillosa, extraordinaria en sí misma por la extraordinaria pregunta que responde. Sí, los *astrónomos* descubrieron de qué estamos hechos. Los tipos que miran el cielo con sus telescopios o con sus teorías, escudriñando nebulosas, supernovas y galaxias distantes. Un trabajo que hasta hace pocos años ni siquiera era recompensado con un premio Nobel. Los astrónomos descubrieron que nosotros, y no sólo nosotros sino todo lo que nos rodea; cada átomo de carbono, de nitrógeno, de fósforo en nuestro ADN; cada átomo de hierro en nuestra sangre y en nuestras máquinas; el calcio de nuestros huesos, el flúor de nuestros dientes; todo, *todo*; el magnesio en la clorofila de las plantas y el cloro en la botella de lavandina, el oro de los anillos de

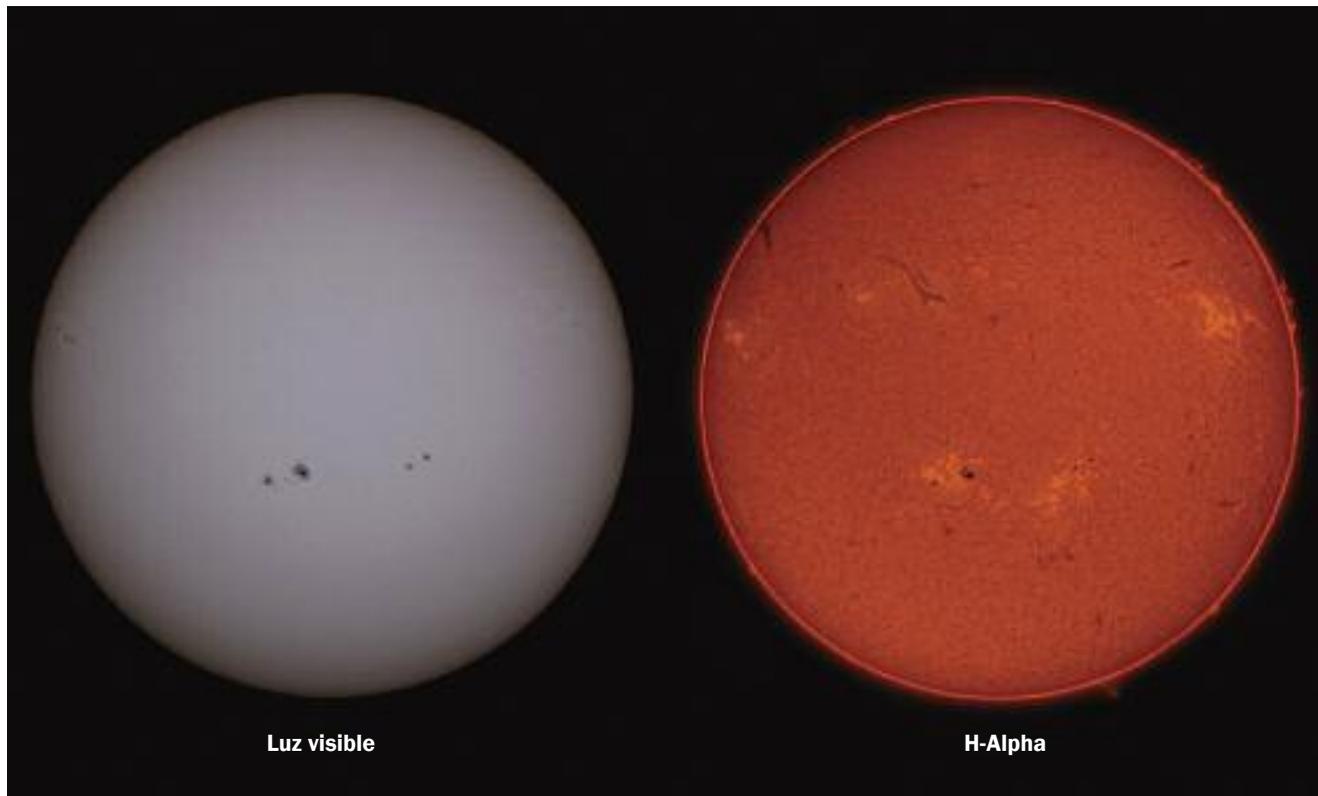
boda; todos y cada uno de esos átomos fueron forjados en las estrellas, en los núcleos supercalientes de estrellas de generaciones anteriores al Sol.

Tan sólo el hidrógeno (y una pizca de los elementos más livianos) forma la herencia que recibimos con este universo desde el comienzo de los tiempos. Las estrellas, en sus núcleos supercalientes, sus hornos nucleares, transforman el hidrógeno en helio, el helio en carbono, oxígeno, nitrógeno, sílice... Y sus agónicas explosiones reciclan y diseminan en el espacio interestelar la materia necesaria para la creación de nuevas estrellas y sus mundos, y de nosotros mismos en la delgada y frágil superficie de uno de ellos. De eso estamos hechos, literalmente. Y lo sabemos con la certeza de una de las más extraordinarias teorías científicas, la que explica el funcionamiento de las estrellas, esos objetos tan fuera de la escala humana en tamaño, en tiempo y en lejanía, y que sin embargo el trabajo de incontables físicos, astrofísicos y astrónomos, logró completar durante el siglo XX. Éste es uno de los grandes logros de la civilización, algo de lo cual uno puede sentirse orgulloso aún sin haber participado, algo para decir: “*Pucha, miren lo que logramos*”. Si alguien necesita un ejemplo del valor humano de la Astronomía, que recuerde éste. ■

## DIFERENTES FORMAS DE OBSERVAR A NUESTRA ESTRELLA

# Miradas al Sol

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



*Dos miradas al Sol, el mismo día a la misma hora, en luz visible y en H-Alpha, el 4 de mayo de 2013.*

**T**odo comenzó a principios de 2011 durante una charla informal entre los integrantes del Área de Divulgación Científica del Planetario. Mientras pensábamos posibles actividades futuras, nos preguntamos por qué no llevar a cabo un programa de observación y fotografía del Sol. Era un excelente momento para comenzar, dado que los astrónomos esperaban un progresivo incremento de la actividad solar<sup>1</sup>, con miras al pico máximo, estimado para 2013 y 2014. Además, nuestra institución acababa de adquirir un pequeño telescopio H-Alpha<sup>2</sup>, y desde hacía varios años ya contábamos con varios telescopios convencionales que, debidamente utilizados, nos permitían observar al Sol sin riesgos para la vista. La flamante combinación entre la Caja Solar<sup>3</sup> y el *Coronado* (en alusión a la marca del nuevo instrumento) resultó sumamente exitosa durante las tradicionales

observaciones astronómicas, públicas y gratuitas, de los fines de semana. La gente podía ver “dos caras” del Sol: una en luz visible, color blanco-amarillento, salpicada de oscuras manchas solares y brillantes fáculas, rasgos típicos de la fotosfera<sup>4</sup>; y otra en luz H-Alpha, de intenso color rojizo-anaranjado, con espectaculares protuberancias, oscuros y serpenteantes filamentos, y hasta brillantes y repentinos *flares*, todos fenómenos propios de la cromosfera<sup>5</sup>.

### Dos años... y contando

La idea era, justamente, plasmar esa maravillosa experiencia visual en imágenes que pudiésemos atesorar y, fundamentalmente, compartir con nuestro público y con otras instituciones vinculadas a la Astronomía, mediante nuestra página web. Un registro fotográfico que iría acompañado de una estimación propia del *Número de Wolf*<sup>6</sup> (también conocido como Número Inter-

nacional de Manchas Solares), un índice mundial y estandarizado de la actividad del Sol.

Finalmente, y tras algunos ensayos, el 4 de agosto de 2011 dimos inicio formal a nuestro programa de observación, fotografía y monitoreo solar. Desde entonces, las imá-

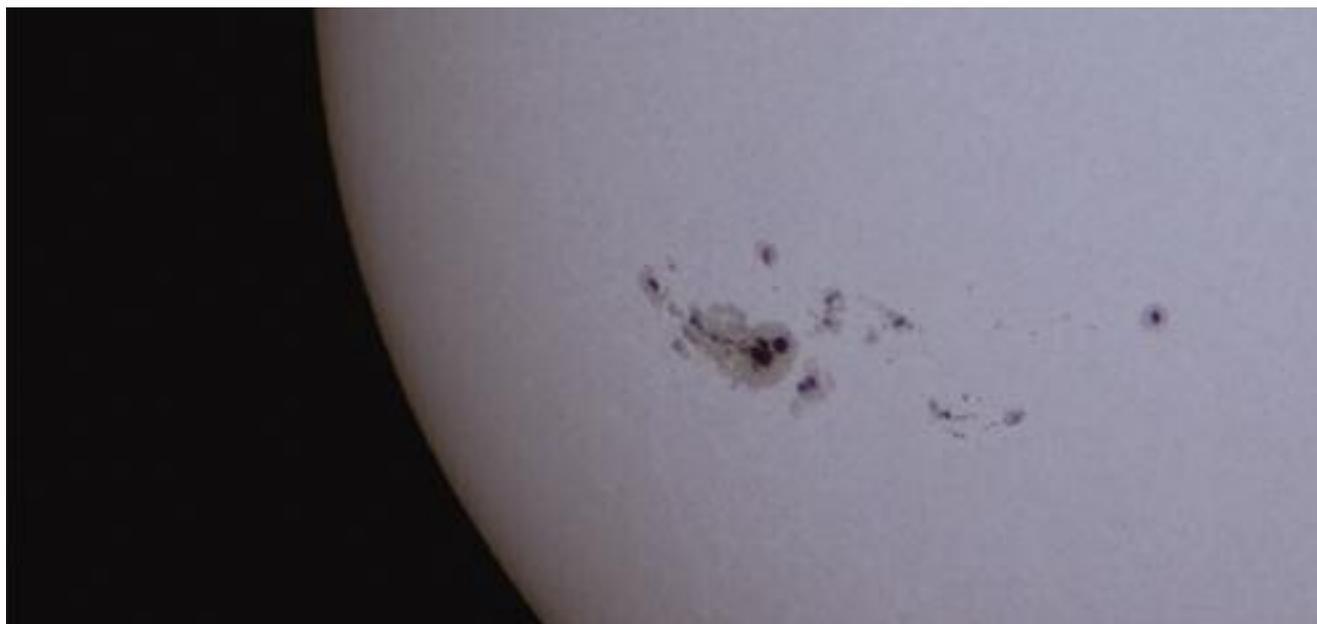
“  
El programa de observación y fotografía solar del Planetario lleva ya dos años obteniendo imágenes de nuestra estrella.”

genes y los datos son regularmente publicados en [www.planetario.gov.ar/astro\\_sol.html](http://www.planetario.gov.ar/astro_sol.html). Aquí compartimos algunas de esas fotos, especialmente elegidas para celebrar estos dos años de nuestras “miradas al Sol” desde el Planetario. Son imágenes en luz visible (blanca) y en luz H-Alpha (roja), que reflejan algunos de los fenómenos solares más extremos que hemos podido registrar en estos últimos dos años. Es imposible pronosticar con precisión los avatares de la fenomenología solar. Pero teniendo en cuenta que estamos transitando su pico de actividad, todo indica que en lo que queda de este año y durante 2014, el Sol seguirá dándonos excelentes motivos para mantenernos alertas... y fascinados. ■

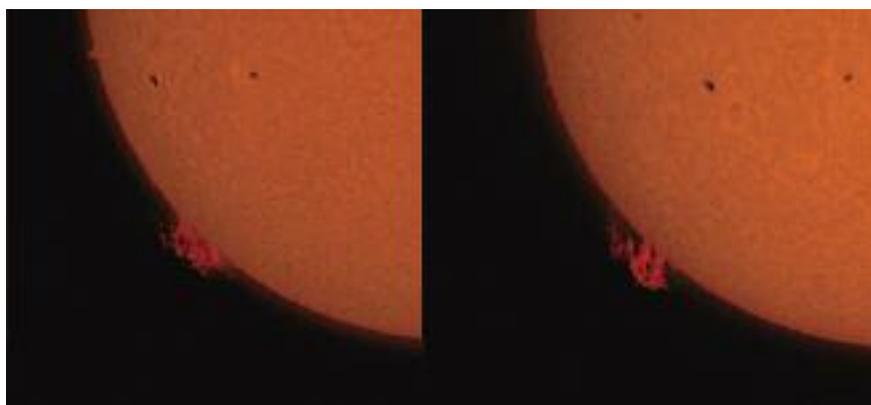
### “Procesando” al Sol

Desde el punto de vista técnico, las fotos del Sol en luz visible no ofrecen mayores dificultades, dado que una vez obtenidas con una cámara digital y un telescopio (con filtro especial), sólo necesitan un moderado tratamiento posterior, con programas de procesamiento de imágenes por computadora (como el famoso *Adobe Photoshop*). Mediante el procesamiento digital se mejoran sensiblemente los niveles de detalle y contraste de las manchas y fáculas, y el aspecto general del disco solar. Pero las fotos tomadas con un telescopio H-Alpha demandan un trabajo mucho más largo y delicado: a diferencia de lo que vemos al poner el ojo en el ocular (un Sol intensamente rojo-anaranjado, con detalles finos, tanto en el disco como en sus

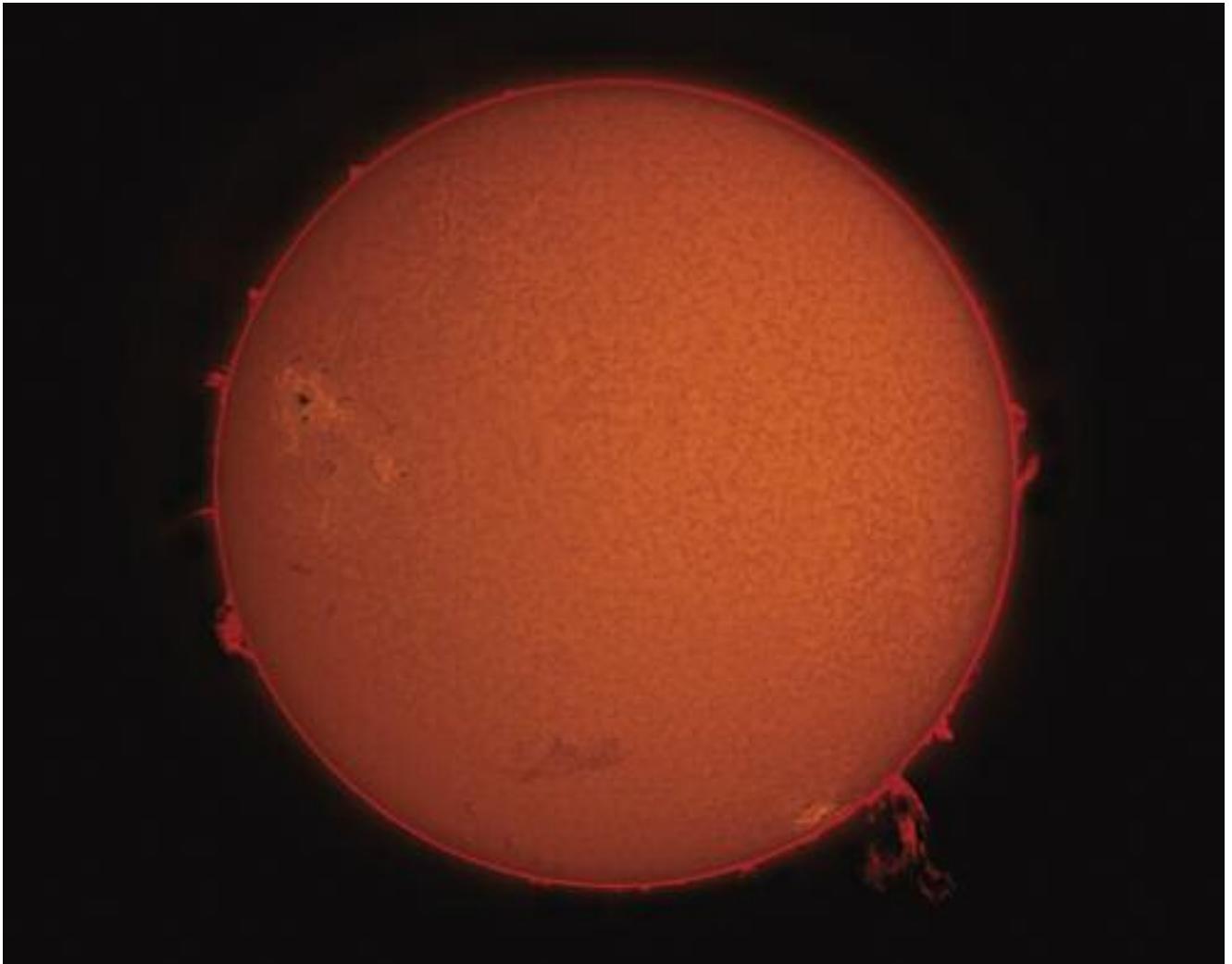
bordes), las imágenes solares H-Alpha que nos devuelve una cámara digital (incluso una de tipo réflex de muy buena calidad) lucen extremadamente “crudas”. Apenas muestran al Sol como un disco rosa-azulado liso, contorneado por toscos y espesos “grumos” (imágenes saturadas de las protuberancias). Sin embargo, al dividir esas imágenes digitales en sus 3 canales de color (rojo, verde y azul), mediante procesadores de imágenes, es posible rescatar preciosa información visual. Trabajando pacientemente con cada uno de esos canales por separado, podemos reconstruir una imagen bastante parecida –aunque nunca igual– a la impresionante percepción visual del Sol visto en luz H-Alpha.



*En luz visible se pueden apreciar fácilmente las manchas solares. Aquí vemos la mancha 1520, una de las tres más grandes y complejas observadas en estos últimos dos años. Imagen del 9 de julio de 2012.*



*Dos imágenes tomadas con dos días de diferencia entre el 27 y el 29 de septiembre de 2012. Se pueden apreciar cambios en una enorme protuberancia, de unos 150.000 km de ancho. La rotación del Sol se puede observar gracias a la posición de sus manchas.*



*La imagen completa de la tapa de la revista, obtenida el 8 de julio de 2012. Abajo a la derecha se observa la mayor protuberancia que registramos, de unos 200.000 km de altura.*

### 1 Actividad solar

Nuestra estrella es una bola de gas (hidrógeno y helio, principalmente) extremadamente caliente, en cuyo interior se generan potentes y complejos campos magnéticos que, a su vez, desencadenan diferentes fenómenos: manchas solares, fáculas, protuberancias, filamentos, *flares*, etc. Fenómenos que, en su conjunto, definen la llamada actividad solar, que alcanza picos cada 11 años, aproximadamente.

### 2 Telescopio H-Alpha

Los telescopios H-Alpha son instrumentos con sistemas de filtros que sólo dejan pasar luz solar roja de 656,3 nanómetros de longitud de onda. Ese tipo de luz se llama H-Alpha, por ser la de menor energía emitida por los átomos de hidrógeno excitado (cuando un electrón salta de un nivel de energía a otro, emitiendo un fotón de esa longitud de onda). Los telescopios

H-Alpha permiten observar la cromosfera solar (la capa de gas de 10.000 km de espesor que está por encima de la fotosfera) y sus fenómenos: prominencias, filamentos, *flares*, etc.

### 3 Caja Solar

La Caja Solar del Planetario es un dispositivo basado en la antigua técnica de proyección: la imagen del Sol se proyecta directamente desde el ocular del telescopio hacia una pantalla, ubicada dentro de una caja de madera negra, que aporta sombra, brillo y contraste a la imagen.

### 4 Manchas solares y fáculas

Las manchas son las regiones “más frías” (unos 4000°C) y oscuras de la fotosfera, la superficie visible del Sol, y están asociadas a intensos campos magnéticos. Las fáculas, a la inversa, son zonas de la fotosfera brillantes y más calientes. Las manchas y las fáculas pue-

den medir decenas de miles de kilómetros, o más.

### 5 Protuberancias, filamentos y *flares*

Las protuberancias son estructuras de gas caliente que se elevan decenas o cientos de miles de kilómetros sobre el limbo solar. Los filamentos son protuberancias, pero observadas sobre el disco solar, y parecen hilos oscuros. Los *flares* son poderosos y brillantes estallidos en regiones de campos magnéticos concentrados.

### 6 Número de Wolf

El Número de Wolf se obtiene a partir de la fórmula  $R = k(10g + s)$ , donde “k” es un factor que expresa las condiciones de observación y el telescopio utilizado; “g” es el número de grupos de manchas solares; y “s” es el número total de manchas individuales observadas. La fórmula fue planteada por el astrónomo suizo Johann Rudolf Wolf (1816-1893).

LA INEVITABLE TENDENCIA AL DESORDEN Y LA (APARENTE) PARADOJA DE LA VIDA

# La vida y el Sol

Por Leonardo González Galli, Instituto de Investigación en Enseñanza de las Ciencias CEFIEC – FCEN – UBA / CONICET / Escuela Argentina de Naturalistas – Aves Argentinas.



Diego Luis Hernández

Los seres vivos toman materia simple de su entorno y la organizan construyendo sistemas altamente complejos, lo que parece contradecir la natural tendencia al desorden del universo conocida como entropía. ¿Cómo logran los seres vivos construirse y perpetuarse contra esta tendencia a la degradación? La clave está en su habilidad para utilizar la energía proveniente del Sol para imponer orden a la materia que los constituye.

Según los físicos, una de las leyes que rigen el comportamiento de la materia es la llamada “segunda ley de la termodinámica”, según la cual “los sistemas naturales tienden a avanzar hacia estados de mayor desorden”. Algunos fenómenos cotidianos pueden acercarnos intuitivamente a esta idea. Por ejemplo, es más fácil esparcir miles de moléculas de perfume en una habitación (es lo que sucede cada vez que abrimos el

frasco) que volver a reunirlos *trabajosamente* dentro del frasco. Las moléculas del perfume están más desordenadas cuando se encuentran dispersas por el aire de la habitación que cuando están en el líquido del frasco.

Reparemos ahora en un fenómeno biológico cuya familiaridad oculta su complejidad: el crecimiento de una planta. Imaginemos que sembramos una semilla de ceibo. La semilla germina y la planta

comienza a crecer. Un tiempo después, el joven ceibo pesa, digamos, dos kilogramos. Asumiendo que la semilla pesaba un gramo, podemos preguntarnos de dónde salieron los otros 1999 gramos. Aunque las personas tienden a pensar que la planta obtuvo toda esa materia del suelo o del agua, la respuesta es más interesante aún: básicamente, tomó toda esa materia del aire. La mayor parte de los tejidos de la planta está formada por moléculas (como

la celulosa) que tienen como principal componente el carbono. La planta obtuvo ese carbono de las moléculas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, para los químicos) que se encuentran en estado gaseoso formando parte del aire. Pensemos ahora este proceso en términos de orden: ¿los átomos de carbono están más ordenados cuando forman parte del gas atmosférico o cuando forman parte de los tejidos de la planta? Claramente, estos átomos están más ordenados cuando forman parte de la sólida estructura de la planta. Esto significa que la planta logró incrementar el orden de un sistema. Lo que hizo es equivalente a reunir nuevamente las moléculas de perfume en el frasco. Pero la planta es un objeto físico y, como tal, está sujeta a la segunda ley de la termodinámica. Tenemos aquí una (aparente) paradoja; se supone que los sistemas naturales tienden al desorden, pero las plantas parecen hacer todo lo contrario cuando crecen.

**Ordenar cuesta trabajo, y para hacer un trabajo hace falta energía**

La paradoja es sólo aparente porque las leyes de la termodinámica sólo valen para sistemas aislados (no intercambian materia y energía con su entorno), mientras que una planta es un sistema abierto (intercambia materia y energía con su entorno). Los átomos de carbono no se ordenan espontáneamente formando las moléculas constituyentes de la planta, sino que ésta los *fuerza* a ordenarse, es decir, la planta hace un *trabajo* para lograr este orden. Si lo pensamos brevemente, veremos que todos los seres vivos hacen esto. ¿O no se incrementa el orden de las moléculas contenidas en la comida de un puma cuando éste las utiliza para hacer más pumas, es decir, cuando se reproduce? Al igual que la planta, el puma logra este incremento de orden gracias a un arduo trabajo fisiológico. Y, para realizar un trabajo, tanto el puma como la planta necesitan energía. Estar vivo implica necesariamente tomar materia y usar energía para incrementar el orden de esa materia, de modo de construir y mantener un cuerpo viviente: **el tipo de objeto más complejo del universo**. Cuando un organismo falla en esta labor, el resultado es la muerte y la degradación física que le sigue. Así, un sistema (como es un ser

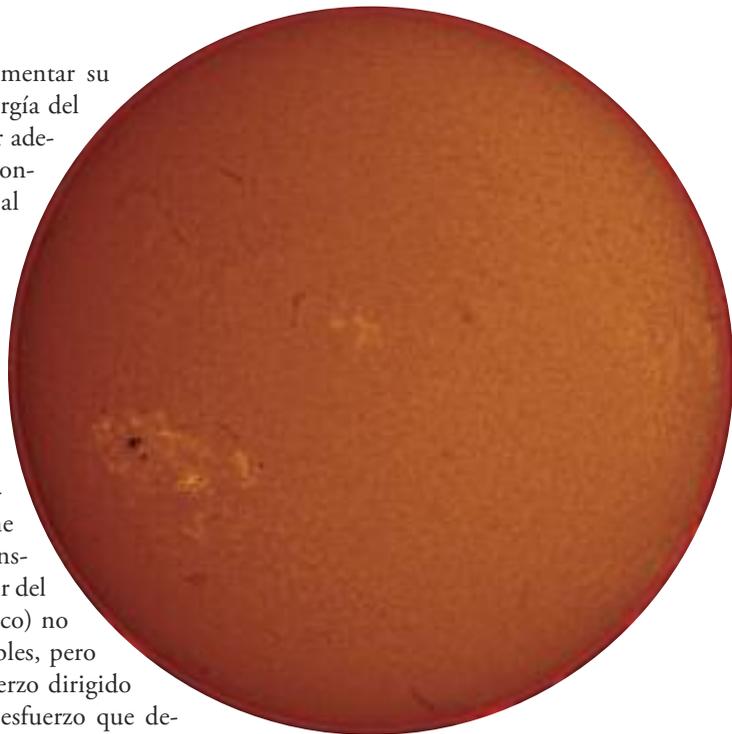
vivo) puede incrementar su orden si toma energía del exterior para llevar adelante un esfuerzo contra la tendencia al desorden.

Destacamos el verbo *trabajar* para enfatizar el hecho de que los procesos contrarios a la entropía (en nuestros ejemplos, concentrar las moléculas de perfume en el frasco o construir tejidos a partir del carbono atmosférico) no son tareas imposibles, pero requieren un esfuerzo dirigido en esa dirección, esfuerzo que demanda siempre de un aporte de *energía*. Podríamos sintetizar esta idea diciendo que “ordenar cuesta trabajo, y para hacer un trabajo, hace falta energía”.

**¿De dónde obtienen los seres vivos la energía para luchar contra la entropía?**

Alterando el orden numérico, es momento de introducir la primera ley de la termodinámica, según la cual “la energía no se crea ni se destruye”. La energía puede cambiar de forma, por así decirlo, pero la cantidad total siempre es la misma. Por ejemplo, cuando se realiza la combustión de la nafta en el motor de un automóvil, la energía que estaba contenida en los enlaces químicos de las moléculas del combustible se transforma en movimiento y calor. Pero la cantidad total de energía es la misma. Volviendo al ejemplo de los seres vivos, esto implica que todo ser vivo debe conseguir energía de alguna fuente para mantenerse vivo o, lo que es lo mismo, para luchar contra la inexorable degradación entrópica. Ahora bien, ¿de dónde y cómo obtienen los organismos la energía necesaria para mantenerse vivos?

Como sabemos, todos los seres vivos están compuestos por unas pequeñas unidades funcionales llamadas células. En última instancia todos los procesos biológicos son llevados a cabo por las células que conforman el organismo. Por eso, cada célula necesita obtener energía. Y esta ener-



gía tiene que estar contenida en los enlaces químicos de algunas moléculas, es decir, en las uniones entre los átomos que forman dichas moléculas. Hay moléculas, como la glucosa, cuyos enlaces químicos contienen mucha energía. Estas moléculas constituyen el combustible de la célula. Así, para todo ser vivo, conseguir energía significa conseguir moléculas con enlaces químicos muy energéticos (en general, glucosa u otro carbohidrato).

Una vez conseguidas esas moléculas, la célula las rompe de modo que la energía que mantenía unidos los átomos se libera y puede ser utilizada para llevar a cabo los procesos biológicos. Podemos entonces reformular la pregunta: “¿de dónde y cómo obtienen la energía necesaria para mantenerse vivos los organismos?”, como: “¿de dónde y cómo obtienen las moléculas ricas en energía necesarias para mantenerse vivos los organismos?”.

En relación con esta pregunta podemos clasificar a los seres vivos en dos grandes clases: aquellos que construyen ellos mismos estas moléculas ricas en energía (“autótrofos”), y aquellos que las obtienen ya construidas (“heterótrofos”). Hongos, animales y numerosos tipos de microorganismos somos heterótrofos; mientras que las plantas, las algas y muchos microorganismos son autótrofos. Insistamos en un punto importante: lo que diferencia a los autótrofos de los heterótrofos es la

Luis Agerich.



Adriana Ruidíaz.



*Semillas, una flor y un árbol de ceibo. Si sembramos la semilla y ésta germina, la planta comienza a crecer. Después de cierto tiempo será todo un árbol, gracias a la materia que toma, fundamentalmente, del aire.*

fuelle de las moléculas de combustible; los primeros las fabrican ellos mismos, mientras que los segundos las toman ya fabricadas. Pero luego, todas las células (autótrofas y heterótrofas) toman esas moléculas energéticas y las destruyen para utilizar la energía liberada. Este proceso de ruptura (llamado respiración celular) requiere que las moléculas de combustible se combinen con moléculas de oxígeno, motivo por el cual se dice que este proceso es un caso de oxidación. También es un proceso de combustión, es decir, un proceso en el que un material “se quema” al combinarse con oxígeno. Ésta es la razón por la cual la gran mayoría de los seres vivos necesitamos del oxígeno.

**Pero, en definitiva, todo viene del Sol**

En síntesis, podríamos decir que todos los seres vivos necesitan combustible (moléculas ricas en energía) y que la diferencia está entre quienes buscamos el combustible ya elaborado para consumirlo (heterótrofos) y quienes tienen la habilidad de elaborarlo (autótrofos).

¿Cuál es la fuente de combusti-

## Algunos mitos sobre la fotosíntesis y la respiración

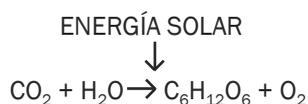
Muchas personas participan de alguna u otra versión de las siguientes tres ideas, todas incorrectas:

- Mito N° 1:** Los animales respiran y las plantas hacen fotosíntesis.
- Mito N° 2:** Las plantas hacen fotosíntesis de día y respiran de noche, por lo que es perjudicial mantener plantas en el dormitorio.
- Mito N° 3:** Los bosques son “los pulmones del mundo”.

Con respecto a la primera idea hemos explicado que toda célula (vegetal, animal o de otro tipo) debe llevar a cabo la respiración celular (la oxidación de la glucosa o de alguna otra molécula rica en energía) que le permita obtener la energía necesaria para vivir. Hemos señalado también que la diferencia entre plantas y animales radica en que las primeras elaboran la glucosa (mediante la fotosíntesis) mientras que los segundos la toman de sus alimentos. Así, tanto plantas como animales necesitan respirar continuamente. Esto nos lleva a la segunda idea y resultará ya evidente a esta altura que la planta debe respirar tanto de día como de noche. Dado que la fotosíntesis requiere de la energía solar, sí es cierto que este proceso no se puede llevar a cabo durante la oscuridad nocturna. En cualquier caso, si el lector teme dormir en el mismo ambiente en el que mantiene una planta, tenga presente que otro ser humano consume mucho más oxígeno que una planta. Con respecto al tercer mito, se trata de una analogía basada en el falso supuesto de que las plantas únicamente “producen oxígeno”, olvidando que también lo consumen cuando respiran. Así, una planta sólo funcionará efectivamente como una inyectora de oxígeno en la atmósfera cuando la cantidad de oxígeno que produce mediante la fotosíntesis supere la cantidad que consume mediante respiración. Este balance es complejo y depende de varios factores, pero en el caso de los bosques no permite afirmar que “oxigenen el mundo”. ¡Esto no implica que los bosques no sean valiosos y dignos de ser conservados! Son innumerables los buenos motivos para conservarlos. En relación con el clima cumplen una función fundamental: de no existir los bosques, todo el carbono que está formando parte de los millones de toneladas de tejidos vegetales que los forman estaría en la atmósfera en forma de moléculas de dióxido de carbono, sustancia que constituye uno de los principales gases de efecto invernadero, es decir, una de las causas del calentamiento global. Así, los bosques funcionan como depósitos de carbono que, de otro modo, contribuiría al peligroso proceso de calentamiento global que está afectando a nuestro planeta.

ble para los heterótrofos? Básicamente, otros seres vivos; debemos comer otros organismos. Un ser vivo que sirve de alimento a un heterótrofo puede ser a su vez otro heterótrofo. Estas cadenas de heterótrofos que se comen unos a otros pueden tener distintas longitudes pero, más tarde o más temprano, se llegará a que el último eslabón es un autótrofo. Es decir, alguien tiene que fabricar las moléculas ricas en energía que luego pasarán de un heterótrofo a otro. Estas relaciones constituyen las conocidas “cadenas alimentarias” o “tróficas” (que en la realidad se relacionan entre sí formando complejas “redes tróficas”). Por ejemplo, en la selva misionera, el yaguararé come al hurón, el hurón come a la yarára, la yarára come al ratón y éste, finalmente, come plantas, y son estas plantas las que fabricaron el combustible. Es decir, las plantas son las únicas autótrofas en esta cadena.

Ahora bien, los autótrofos fabrican el combustible, pero no la energía (recorremos la primera ley de la termodinámica). ¿De dónde sale entonces esta energía? La respuesta, ya sospechada seguramente por el lector, es “del Sol”. En efecto, el principal mecanismo mediante el cual los autótrofos elaboran el combustible de la vida es la *fotosíntesis*. Básicamente, la fotosíntesis consiste en que las plantas (al igual que las algas y ciertas bacterias) toman moléculas pobres en energía (dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , y agua,  $\text{H}_2\text{O}$ ) y utilizan la energía radiante del Sol para fabricar moléculas ricas en energía (glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), y liberan oxígeno ( $\text{O}_2$ ) como desecho. Los bioquímicos resumen este proceso con la siguiente “ecuación química”:



Con estos conceptos podemos entender por qué los ecólogos denominan “productores” a las plantas y “consumidores” a los animales y hongos.

De este modo, los organismos fotosintéticos funcionan como “inyectores” de energía en los ecosistemas. Ningún animal ni hongo puede alimentarse directamente de la energía solar. Son las plantas las que introducen la energía solar en moléculas que luego pueden ser consumidas

por las propias plantas y por los animales y demás heterótrofos.

Así, la energía proveniente del Sol es captada por las plantas (el primer nivel trófico o “productores”) y luego utilizada por los herbívoros (el segundo nivel trófico o “consumidores primarios”) y por los carnívoros (el tercer nivel trófico o “consumidores secundarios”). Estas relaciones tróficas determinan un flujo de la energía en los ecosistemas.

### **Siempre hay una pérdida de la energía “útil”**

No toda la energía solar que llega a la Tierra es captada por las plantas. Además, de la energía solar efectivamente captada por las plantas no toda es convertida en energía química, es decir, contenida en las uniones entre átomos de la glucosa producto de la fotosíntesis. Del mismo modo, no toda la energía contenida en los tejidos vegetales consumidos

## Curiosos ecosistemas no basados en la energía solar

Hemos explicado en el texto principal que el flujo de energía que permite la vida proviene, en última instancia, de la energía radiante del Sol. En términos generales, esto es así, pero existen algunas interesantes excepciones. Nos referimos a ecosistemas enteros (aunque relativamente pequeños y escasos) cuya fuente última de energía no es el Sol sino la energía geotérmica (el calor liberado desde el interior de nuestro planeta). Los más estudiados de estos ecosistemas son los que se encuentran en las fumarolas hidrotermales de los fondos oceánicos. Se trata de grietas en la corteza terrestre por las que emerge agua a altas temperaturas. Estas grietas se encuentran en los fondos oceánicos, especialmente en las dorsales oceánicas donde las placas tectónicas se encuentran y la actividad volcánica es intensa. Se trata de ambientes muy particulares en los que imperan condiciones extremas; la luz solar está totalmente ausente, la presión y la temperatura son muy elevadas y el oxígeno es muy escaso. Los “productores” de estos ecosistemas son bacterias quimioquilótrofas, lo que significa que no obtienen la energía necesaria para fabricar moléculas nutritivas de la luz solar sino de ciertas sustancias químicas inorgánicas. De las grietas sale ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) que es oxidado por las bacterias que utilizan parte de la energía liberada en este proceso para fabricar moléculas ricas en energía a partir del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que también emana de las grietas del fondo (otras bacterias utilizan metano en vez de ácido sulfhídrico). Lo que permite a las bacterias llevar a cabo estas reacciones químicas es la energía provista por el agua caliente. Por eso decimos que, en última instancia, la energía que alimenta estos ecosistemas proviene del interior de la Tierra. Así, estas bacterias se convierten en el equivalente de las plantas, ya que son las productoras, es decir, los únicos organismos que fabrican moléculas ricas en energía que luego sirven de alimento a una variada fauna de heterótrofos en estos ecosistemas. ¡Estas bacterias crecen en agua a más de  $100^\circ\text{C}$ ! En las fumarolas se desarrolla una variada vida animal. Los animales no pueden sobrevivir a temperaturas tan elevadas, pero prosperan en las aguas menos cálidas donde el agua caliente que emerge del interior del planeta se mezcla con el agua fría circundante. Diversos crustáceos pequeños se alimentan de las capas de bacterias quimioquilótrofas y sirven a su vez de alimento a numerosos depredadores tales como caracoles, cangrejos, camarones y pulpos. Se destacan entre la fauna de las fumarolas grandes gusanos tubícolas que viven en simbiosis con bacterias que habitan sus tejidos. Recientemente se han descubierto otras comunidades biológicas no dependientes del Sol en algunas grutas.

por un herbívoro queda contenida en los tejidos del herbívoro. Esto se debe a que en todo proceso de transformación de energía una fracción de la misma se pierde en forma de calor. Esta energía ya no podrá ser utilizada para otros procesos. Por ejemplo, de toda la energía contenida en las moléculas de combustible que utiliza un automóvil sólo un porcentaje se convierte en movimiento, mientras que el resto se pierde en forma de calor. Dado que el motor está diseñado para producir movimiento, se considerará más eficaz cuanto menor sea la pérdida de energía en forma de calor. Lo mismo sucede en los ecosistemas, de modo que la energía “útil” se reduce con cada proceso de flujo de energía. En general, se calcula que en un ecosistema sólo el 10% de la energía pasa de un nivel trófico al siguiente.

**En síntesis**

A partir de todo lo dicho, es evidente que la vida en la Tierra –tal como la conocemos– no sería posible sin el aporte energético del Sol, aunque existen algunas comunidades biológicas que actualmente no dependen del Sol (ver recuadro). Aunque las personas preocupadas (¡con mucha razón!) por la actual crisis ambiental suelen decir que la actividad humana pone en peligro la continuidad de la vida sobre la Tierra, es probable que esta idea sea otra muestra de la soberbia humana. Acordamos con el paleontólogo estadounidense Stephen Gould cuando señala que nuestra especie no tiene realmente el poder para terminar con la vida. En efecto, aún el peor desastre ambiental concebible que pudiéramos desencadenar sería incapaz de eliminar todas las bacterias. Por supuesto, semejante desastre terminaría con la vida humana y la de muchas otras especies, y el mundo ya no sería un lugar verde con la notable diversidad que llegamos a conocer. Pero las bacterias (y muy probablemente muchos otros organismos) sobrevivirían y evolucionarían de modo que, después de millones de años, darían origen a un nuevo mundo, con una nueva diversidad cuyo catálogo, seguramente y para su fortuna, no incluiría a los humanos. Así pues, todo indica que la vida continuará evolucionando en este planeta hasta que, finalmente, será el Sol el que sellará su destino



*La energía solar es captada por las plantas (productores) mediante el proceso de fotosíntesis. Parte de esa energía pasa a los consumidores primarios (herbívoros) y de estos, a los consumidores secundarios (carnívoros). Todos estos organismos producen desechos que, junto con sus propios cuerpos al morir, sirven de sustento a los detritívoros o descomponedores. Además, en la respiración y demás procesos metabólicos, parte de la energía se pierde como calor.*



Natalia Jaoand.

*Ningún animal ni hongo puede alimentarse directamente de la energía solar. Las plantas introducen la energía solar en moléculas que luego pueden ser consumidas por las propias plantas y por los animales y demás heterótrofos.*

(ver página 5). Por el momento y por muchos millones de años más, esta estrella seguirá aportando la energía que permite la vida, la nuestra y la de todos los demás productos de la evolución. Esperemos que, como especie, tengamos la suficiente sabiduría como para llevar adelante los cambios necesarios (¡y urgentes!) para que este flujo energético siga alimentado una gran variedad de formas de vida. ■

El autor: **Leonardo González Galli** es Doctor en Ciencias Biológicas (FCEN-UBA) y Profesor de Enseñanza Media Superior en Biología (FCEN-UBA). Es Investigador del CONICET y Profesor Adjunto en el profesorado de biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. También se desempeña como Director y docente de la Escuela Argentina de Naturalistas (Aves Argentinas – Asociación Ornitológica del Plata).

PARA LOS MÁS CHICOS

# Tardes estrelladas

Por Marcela Lepera y Sandra Costa, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".

*-Al Planetario, por favor.*

*-Disculpe, ¿me puede indicar? Soy nuevo* -responde el taxista inexperto, uno de los tantos que temen perderse en el parque de Palermo y no encontrar nunca ese extraño edificio mezcla de Saturno y nave extraterrestre.

La dirección exacta del Planetario fue un misterio durante años. Una calle no muy conocida de Buenos Aires, Belisario Roldán, y... ¡sin numeración! La intriga perdió parte de su magia cuando se determinó que su locación pasaba a ser Av. Sarmiento 2601, datos más precisos pero que no evitaron esa extraña sensación de que encontrarlo siga siendo una experiencia digna de Hansel y Gretel.

Paradójicamente, en los últimos años nuestro Planetario se convirtió en un lugar de encuentro por excelencia. **Todos se autoconvocan en el parque lindero para compartir desde un recital hasta una guerra de almohadas.**

Pero hay otro espacio que ocupa el Planetario que nada tiene que ver con calles ni numeraciones, que no aparece en mapas ni planos, y que no genera ninguna clase de duda. Es el lugar de privilegio que tiene en el recuerdo de cada uno de sus visitantes: una experiencia entrañable, muy difícil de olvidar. Muchos conservan a través del tiempo la sensación de ese lugar inmenso y misterioso en el que el cielo de esa tarde de la infancia, se llenó de estrellas. **El Planetario es ese lugar al que de grandes queremos volver con nuestros hijos, para que se inicie nuevamente la mágica aventura.**

## Planetario para chicos

Todos conocemos la ilusión y las expectativas que los chicos demuestran cuando van camino al Planetario. ¿Vamos a ver las estrellas? ¿Se abre el techo? ¿Despega como una nave espacial? Estar a la altura de la imaginación infantil ha sido y es un gran desafío; ellos son tan fáciles de sorprender y tan difíciles a la vez. ¿Cómo conseguir mantenerlos atentos durante

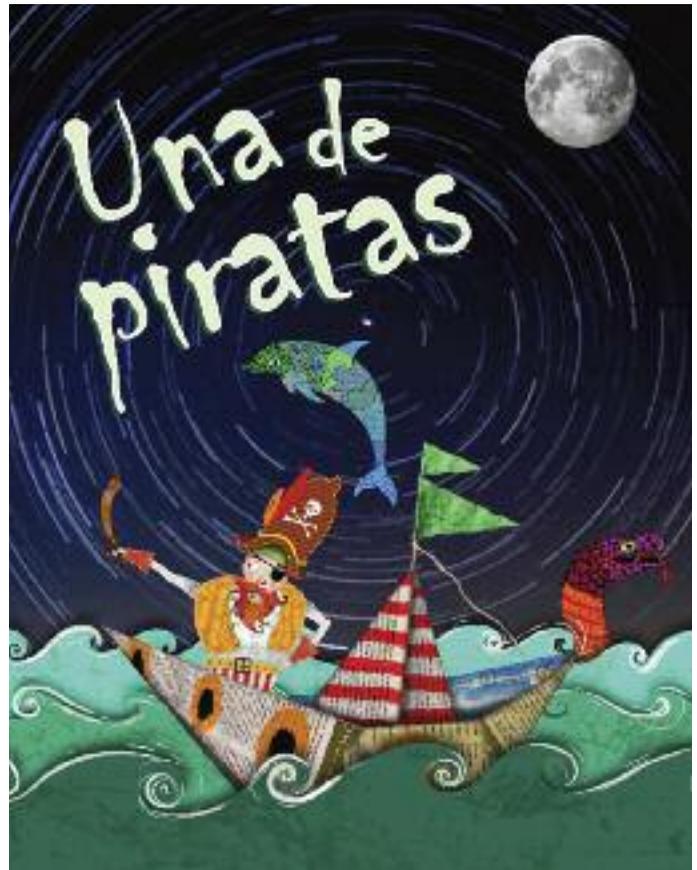
casi 50 minutos?, un tiempo breve si uno pretende recorrer miles de años luz, pero eterno si se tienen 5 años, inagotables deseos de correr, hablar y una lucha interna entre escapar de la oscuridad o sumergirse en el universo. En los 46 años del Planetario, los niños han cambiado, pero... no tanto. La pelea entre el deseo de descubrir y el temor a la oscuridad, se mantiene.

## Mil intentos y un cuento

Los cambios, técnicos y artísticos, implementados por el Planetario para captar la atención de los chicos, podrían enumerarse en una simple lista de proyectores y guiones. Sin embargo, nosotros preferimos recordarlos como parte de un relato. Un cielo es el protagonista de esta historia. Quería contar todos sus secretos y maravillas y no sabía cómo. El brillo de sus estrellas era lo suficientemente intenso como para que todos se asombraran. La música ayudaba a crear diferentes climas. Pero para deslumbrar a los más pequeños, necesitaba algo más. Entonces, una voz agradable dijo esas palabras mágicas: *"había una vez"*. Y así comenzaron los cuentos sobre el espacio.

## Una simple linterna

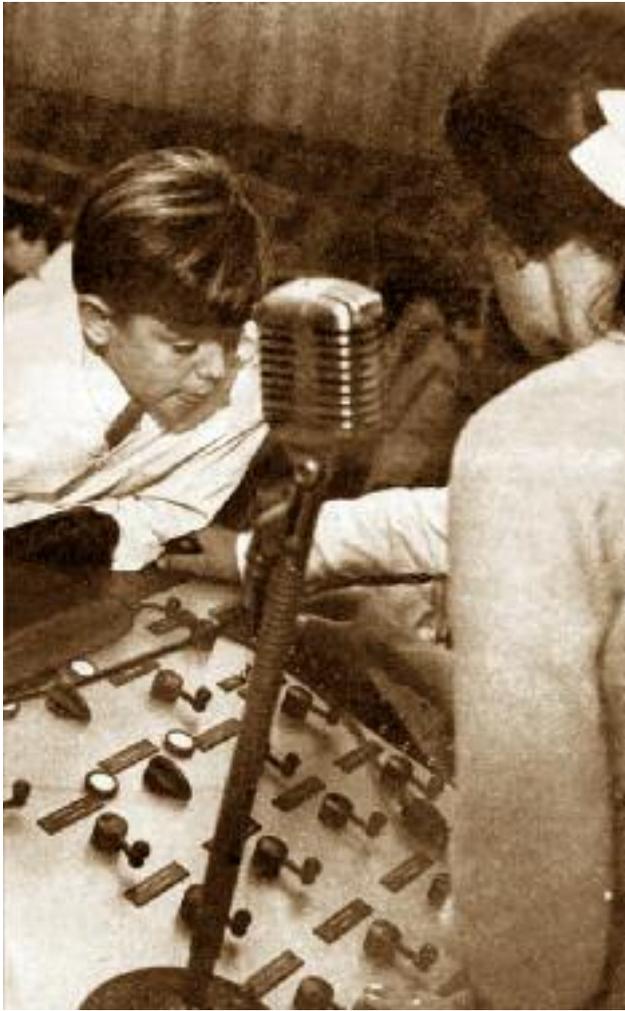
El primer recurso que cautivó a los chicos fue una flecha verde que recorría el cielo



*La primera función animada producida por nuestra institución con todas las posibilidades que brinda la nueva tecnología.*

para señalar cada uno de los diminutos puntos de luz. Los niños de aquella época saltaban en sus asientos por la emoción de ver el baile de "Jacinta", tal es el nombre de ese simple puntero que aún hoy cobra vida para reconocer estrellas y dibujar constelaciones, siempre con rigor científico y mucha simpatía. Ésta fue una prueba inapelable de que es posible acercar los complejos contenidos astronómicos a un curioso e inquieto público infantil. Sólo se trataba de encontrar los medios y el lenguaje apropiados.

Las fotos diapositivas fueron el siguiente avance, y así se sumó a la sala el característico sonido de los proyectores *Kodak*, de los que asomaron los personajes estáticos que ilustraron las primeras historias. Con la incorporación de otras voces con un toque



*El Planetario despertó la curiosidad de los niños en todas las épocas.*

de actuación se animaron duendes, extraterrestres, astros y otros seres fantásticos que permitieron desarrollar guiones en los que los chicos comenzaron a participar cada vez más. Las actuaciones en vivo también sumaron un gran atractivo teatral a las funciones. De un variado desfile de personajes quedó en el recuerdo colectivo una científica algo disparatada, un astronauta que respondía las preguntas del público y hasta una vaca que aparecía por las distintas puertas de la Sala de Espectáculos.

En los años '90 llegaron tres proyectores *U-matic* y causaron una revolución de imágenes de video. Tres pantallas se proyectaban en la cúpula y en ellas los personajes comenzaron a interactuar, integrándose al cielo estrellado. La posibilidad de generar imágenes de cúpula completa y horizontes de 360° permitió ubicar a los personajes en distintos paisajes cósmicos, y así sus viajes fantásticos se volvieron más reales y se abordaron nuevos contenidos.

En 46 años fueron muchas las historias que transportaron a los pequeños. Proyecciones, títeres, actores, grabaciones, música y animaciones fueron los recursos que hicieron posibles innumerables aventuras por el universo. **La imaginación fue la nave, y cada pequeño asistente, el comandante de su propia misión espacial.**

### **Made in casa**

La producción de espectáculos para chicos fue una tradición que el Planetario de Buenos Aires sostuvo desde sus inicios. Respetar el inocultable deseo de los chicos de participar era la premisa al escribir los guiones. En cada propuesta, el personal del Departamento Técnico descubría, generaba y hasta creaba un nuevo recurso. Muchas fueron las aventuras entre planetas y estrellas: misiones imposibles, historias de amor, cuentos para no dormir y seguir mirando el cielo.

Pero en 2011, con la completa renovación de los equipos de proyección, la historia dio un giro. La instalación de un nuevo proyector de estrellas y un impactante sistema de video inmersivo *full dome* enriqueció los espectáculos y complejizó la producción. En la actual Sala del Planetario pueden proyectarse funciones producidas en otros países pero, al ser grabadas, no muestran el cielo local ni respetan la necesidad vital que lleva a los chicos a intervenir, participar y, de esa manera, apropiarse de los conocimientos. La locución en vivo otorga a los pequeños un lugar de privilegio: ellos son, fueron y serán los protagonistas de cada espectáculo.

Reiniciar la producción propia se presentó como una necesidad institucional. El público infantil, tan fiel al Planetario, no

podía esperar. ¡Todos sabemos cómo son los chicos! En 2012 dimos los primeros pasos. Generamos espectáculos para público estudiantil combinando los efectos del nuevo sistema de proyección para lograr la ilusión de un recorrido por el universo.

Pero contar un cuento utilizando la nueva tecnología requería de animaciones que cubrieran completamente la cúpula del Planetario; una producción cercana al cine inmersivo, un proyecto ambicioso que demandaría sumar al equipo de producción de espectáculos del Planetario animadores, dibujantes y programadores. Convocamos a la productora "La Casa del Árbol" y, en 2013, lo hicimos.

En estas vacaciones de invierno, a tan sólo 18 meses de la inauguración, se estrenó *Una de Piratas*, la primera realización animada producida por nuestra institución con todas las posibilidades que brinda la nueva tecnología. Esta fantástica historia nos presenta a un pirata que, cansado de recorrer los mares del planeta Tierra, se anima a viajar por el universo. A bordo de un pequeño barco de papel descubre, junto con los chicos, planetas, estrellas, cúmulos, constelaciones y otras maravillas del cielo. Una aventura espacial más para el recuerdo. En estas vacaciones la variada programación del Planetario sorprendió a grandes y chicos. Más de 50.000 personas asistieron a los espectáculos astronómicos y teatrales: *Viajeros*, *Una de piratas*, *Viaje a las estrellas* y *El Principito*. También recorrieron la galería de exposiciones y, al llegar la noche, observaron el cielo real por los telescopios. Un incesante desfile de padres, abuelos y, sobre todo, chicos, que disfrutaron bajo el cielo siempre estrellado del Planetario.

### **A Plaza Italia, por favor...**

*-Frío, ¿no? ... ¿Fueron al Planetario? Mil veces me paran en esta esquina -repite el taxista, una vez más-. ¿Usted sabe? Yo fui con el colegio, hace muchos años. ¡Me acuerdo que me encantó! Me fui convencido de que había viajado por el espacio. Los chicos salen contentos. Cuando crezca mi pibe, lo voy a traer.*

Y así se inicia nuevamente la mágica aventura. Es que recorrer miles de años luz en tan sólo 50 minutos es una experiencia que merece ser vivida. ■

# Mirar más allá, para que otros puedan ver

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

Es una de las primeras experiencias a nivel mundial en divulgación de la Astronomía para no videntes. Tras más de una década, presentamos su última y más elaborada versión. Conocer el cielo con el tacto y el oído, curiosa experiencia que propone “El cielo para todos”.



*Planetario táctil, versión 2013.*

**E**l cielo es, fue y será una fuente fundamental del saber para todas las culturas de ayer y hoy, que nos permite conocer nuestro lugar en el universo, y como tal, debe estar al alcance de todos, sin excepción. Nuestra idea es “hacer visible” (y no sólo para aquellos que no ven) que los espacios no se terminan en nuestro diminuto y confortable mundo, ni en el tiempo en el que transcurren nuestras exiguas vidas. La intención es ver “un poco más allá”.

En medio de nuestra sociedad eminentemente práctica y materialista, donde muchas veces lo que importa es sólo lo que se “ve”, por qué no acercar a los que no pueden mirar aquellas cosas que valen la pena; cosas que la mayor parte de nosotros –los que sí vemos–, muchas veces no miramos.

## Un poco de historia

Corría el año 2001 cuando, en el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, la gestión

encabezada por el licenciado Leonardo Moleto dio comienzo a varios emprendimientos dirigidos a personas con diferentes discapacidades. Ese conjunto de actividades se denominó “Planetario para públicos no habituales”. Así surgieron funciones apoyadas por lenguaje de señas para personas sordas, otras para hipo-acúsicos y el “Planetario para ciegos: el cielo para todos”.

Las primeras funciones se trataban de un “paseo celeste” de poco más de media hora, centrado en un planetario táctil. Cada espectador recibía en sus manos una semiesfera de acrílico de 30 cm de diámetro, donde estaban representadas 25 estrellas visibles desde Buenos Aires en las noches de verano. El viaje estaba orientado, de principio a fin, por un relato grabado, con música y sonidos de ambientación. El proyecto contó con un guión de Mariano Ribas (coordinador de nuestra Área de Divulgación Científica), la locución de Mario Pergolini, el asesoramiento de la Biblioteca

Argentina para Ciegos (BAC) y la colaboración del personal técnico del Planetario. A partir de 2004 tuvo lugar una segunda etapa: “El cielo para todos II”, que mejoró enormemente el audio, el guión y los dispositivos táctiles. Se agregaron “hilos guía” para facilitar el recorrido a través del mapa y referencias a la Vía Láctea y las Nubes de Magallanes.

Uno de los objetivos principales de nuestro planetario táctil fue que sea simple y transportable, para que las funciones pudiesen desarrollarse también en sitios distantes. Así viajamos a Bahía Blanca, Bariloche, Santa Fe y Montevideo (con el patrocinio de la UNESCO). En el transcurso de estos años, algunas instituciones han prestado atención a nuestras búsquedas y desafíos. Nuestro Planetario para ciegos fue declarado de “Interés Cultural y Legislativo” por la Cámara de Diputados de la Nación y recibió la “Mención Honorífica” de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología de América Latina y el Caribe (Red Pop).

## “El cielo para todos III”

Durante 2011 comenzamos a trabajar en una nueva versión de nuestro Planetario para ciegos. Para esta tarea fue de fundamental relevancia el apoyo incondicional de la nueva gestión del Planetario de la Ciudad, encabezada por Lucía Sendón de Valery. El objetivo principal fue lograr una mejora sustancial, tanto en los implementos táctiles como en materia didáctica. Además, incorporamos nuevas adaptaciones para abarcar a las personas disminuidas visuales. Por eso mismo se pensó en el color como forma de comunicación. Así se creó un soporte funcional, estético y, a la vez, de gran realismo. El cielo escogido, fechado un 15

de julio a las 22 h, fue reproducido con una gran precisión.

El brillo de los astros se trabajó a partir del tamaño de las pequeñas esferas que representan a las 19 estrellas destacadas (antes eran todas iguales), confeccionadas en cuatro tamaños diferentes según su brillo. Además, se incorporaron al recorrido las siluetas de las más clásicas constelaciones invernales en el cielo de Buenos Aires, demarcadas por bajo-relieves que contrastan con los hilos conductores. Con el color se buscó un equilibrio entre lo funcional (contraste, para las personas con baja visión), lo estético (acabado impecable e industrial) y la realidad (el color de cada estrella). Se incorporó además un texto anexo en lenguaje braille y caracteres visuales, con referencias directas en el mapa, para que los participantes puedan seguir el recorrido en caso de perderse.

Con la intención de acercar el concepto de color a los no videntes, se buscó relacionar las ondas sonoras con las ondas lumínicas. Se estableció una analogía entre los sonidos agudos y las altas temperaturas de las estrellas azules (lo que significa longitudes de onda corta y de alta energía), con los sonidos graves para las estrellas rojas, de menor temperatura (longitudes de onda largas, tanto en la luz como en el sonido). Para esta labor se contó con la participación del músico Ulises Labaronie y se utilizó como referencia para los intervalos de temperatura-color-nota musical, la temperatura exacta de cada estrella del recorrido.

El desarrollo técnico y la realización material de las semiesferas táctiles estuvieron a cargo del diseñador industrial Maximiliano López Sagardoy. Un especial agradecimiento merece la colaboración de Inés Griro, de la Biblioteca Argentina para Ciegos, por las sucesivas revisiones del mapa semiesférico. El guión fue realizado por Mariano Ribas, con mi modesto aporte, y para el relato contamos con los locutores Pablo Spoto y Cristina Ruffa Circelli. Inestimable fue también el apoyo del área audiovisual de nuestro Planetario: la banda sonora estuvo a cargo de Pablo España, y los recursos visuales, de Claudio Creta.

### Un profundo viaje

No fue fácil superar lo hecho años antes. Para quienes trabajamos en el proyecto, representó un profundo viaje que nos “tocó” en diferentes puntos. Cuando en abril de

2011 presentamos a la dirección del Planetario el plano inicial, y expresamos nuestras ideas para la renovación completa del Planetario para ciegos, obtuvimos el total aval institucional. Desde allí hasta encontrarnos con Maximiliano López Sagardoy, la persona que fue capaz de darle forma física a esas ideas, pasó mucho tiempo. Pero el concepto siguió firme: comunicar una experiencia visual a aquellos que no pueden ver. Los conocimientos que el cielo nos brinda valen la pena y son mucho más importantes que cualquier imagen banal y efímera; van más allá del 3D y el 4D. Trabajar con no videntes resultó una experiencia reveladora que nos enseñó una nueva manera de encarar la relación con los demás y a dejar de lado el velo de la imagen.

### Un paso más allá

El Planetario para ciegos es un verdadero orgullo para nuestra institución. Introducirnos nuevamente en el mundo de los no videntes, a través de nuestro “Cielo para todos III”, representa una forma distinta de acercarnos a los astros. Significa también haber aprendido (para los observadores del cielo) que “observar no es sólo ver”; que no se trata de limitarse a describir aquello que las personas que carecen de visión no pue-



*Chicos no videntes disfrutando del planetario táctil en Santa Fe.*

den captar con sus ojos, sino de aprender a utilizar el resto de los sentidos, a través de la denominada “didáctica multisensorial de las ciencias”. Para esto fue de especial importancia el libro del doctor en ciencias y pedagogo español Miquel-Albert Soler, a quien agradecemos especialmente. Después de más de una década acercando el cielo a los que no ven, estamos más que nunca plantados en el presente y en los desafíos futuros. Seguimos “mirando más allá”. ■



*Mapa plano inicial para la realización de las esferas táctiles.*

LA EXPERIENCIA CONTADA POR UNA ALUMNA DEL CURSO DESCUBRIR,  
OBSERVAR Y DISFRUTAR EL CIELO<sup>1</sup>

# Si es en el campo, mejor

Por Sabrina Mottino\*

*“Hemos borrado el firmamento. Hoy en día, aquellos soles lejanos nos resultan cada vez más ajenos a la vida y a la experiencia cotidiana... En las mejores noches del año, en las grandes ciudades sólo pueden observarse unas 200 a 300 estrellas, menos del 10% de las 3000 a 3500 que aún pueden verse en el campo. Nuestra visión del universo se ha hecho miope, aburrida y muy poco tentadora”.* Frases como éstas se leen en *Historia de las Estrellas*<sup>2</sup>, el primer libro dedicado a las estrellas que, por esas maravillosas vueltas de la vida, tuve y leí. Y cuánto de verdad hay en ellas.

**L**a noche del viernes 12 de octubre me costó muchísimo dormirme, a pesar de que esa mañana me había levantado muy temprano para ver un cielo que, no en vano, la página web del Planetario recomendaba como “destacado”. A las 5:00 ya estaba en la terraza, emponchada hasta las orejas, viendo hacia el este una Luna en gajo junto a Venus. Más al norte, la magnífica Orión mezclándose con un Júpiter muy brillante en Tauro, y la bella Aldebarán. Todo sobre un telón de fondo rosado violáceo que hacía de esa imagen otro cuadro inolvidable.

Aún así, cansada y con el día encima, lejos estuve de poder dormirme fácilmente esa noche. Es que el día siguiente no sería un día cualquiera. Ese sábado finalmente traía consigo mi tan esperada salida a Yamay<sup>3</sup>, un viaje que venía postergándose por mal tiempo desde mayo. Finalmente, esa mañana llegó y me encontró con un nerviosismo bastante justificado apenas me desperté. No sabía bien qué esperar de esa noche. No tenía idea de qué era lo que mis ojos iban a poder ver realmente. Porque cuando han pasado años desde la última vez que nos enfrentamos a un cielo oscuro, uno no está seguro de recordar exactamente cómo luce, con qué nos vamos a encontrar; y, a veces, sin querer, olvida.

Todos hablaban de una noche cerrada, en donde no íbamos a poder distinguir siquiera nuestros propios pies. Y sin exageraciones, aquello que en un principio sonaba como demasiado, resultó ser totalmente cierto. Apuntes en mano y algunas lecturas de por medio, el viaje se volvió anecdótico.



El cielo de Yamay. Mariano Ribas.



*La observación comienza al anochecer con la aparición de algunos planetas.*

De repente, ya estábamos en Yamay, y de la mano de una muy cálida bienvenida, el arranque no pudo haber sido mejor. Entre interesantes charlas y mini paseos compartidos, quienes nos recibieron se encargaron de entretenernos y regalarnos un lindísimo rato hasta hacerse la hora de ir a elegir un lugar para pasar la noche. Con una extraña sensación en el estómago, me senté a esperar, mientras delante mío todos “los planetarios” (como a mí me gusta llamarlos) se organizaban, preparaban los equipos e intercambiaban instrumental con una dedicación admirable. Un cuadro muy contagioso que me recordaba a esa inquietud inevitable que uno siente en medio de un estadio, durante esos minutos previos de espera antes de que salga a escena su banda preferida.

La tarde estaba cayendo y mi inquietud, por momentos, se contradecía y se equilibraba con la tranquilidad del lugar. Y mientras el Sol se ocultaba, en medio de un revuelo, Diego finalmente anunció que había llegado el momento de “*nuestra primera imagen a observar: la sombra de la Tierra*”. ¡La sombra de la Tierra! ¡Claro! ¡Por supuesto! ¡Por qué no habría de proyectarla nuestro planeta, si es, después de todo, un objeto iluminado por una fuente de luz? Cosas tan simples que cuando uno las piensa y las redimensiona, conmueven de lo maravillosas que son. Al mismo tiempo, las primeras luces empezaban a encenderse en el cielo. El primer planeta

en “visitarnos” fue Mercurio. Antes de que la claridad se fuera, y entre algunas suaves nubes que adornaban un glorioso atardecer, uno de los telescopios apuntó hacia él. Y entonces lo vimos. Y a los pocos minutos de verlo por el ocular, se hizo visible a ojo desnudo. Todavía resuenan en mi cabeza las palabras de Mariano: “*Abí está, ahí lo tienen. Ya lo pueden ver a simple vista también*”.

Estando allí parados en el medio de la “casi nada”, impresiona todo lo que nuestros ojos, sin ayuda, pueden disfrutar. Abruma. Después de tantas salidas a la terraza practicando mi observación con lo que hay a mano, pude ubicar en el espacio y reconocer la mayoría de esas luces que iban asomándose. La satisfacción que llegaba con eso me impedía dejar de sonreír. Pensar que hace sólo unos meses atrás no conocía nada. Y ahora, mientras el volumen de estrellas fue aumentando, nuevas figuras iban apareciendo. Nuestra imponente y enigmática Vía Láctea incomprensiblemente empezaba a dejarse ver, y esas pocas referencias conocidas que antes festejaba en silencio, empezaron a confundirse entre la infinita cantidad de estrellas que ofrecía este nuevo cielo.

Y la cosa recién arrancaba. Durante el resto de la noche, con la ayuda de binoculares y telescopios, iban apareciendo cosas increíbles. En un clima de entusiasmo colectivo, distintas maravillas fueron desfilando por primera vez ante mí, ahí, en vivo, y a pesar

de las distancias: cúmulos estelares, nebulosas, galaxias... ¿Galaxias!? Tan mágicamente suspendidas entre decenas de puntitos que el campo de los distintos telescopios dejaba ver. Y entre todos se iba compartiendo lo que se iba viendo, lo que se iba encontrando. Se escuchaban sugerencias de qué buscar, adónde apuntar a continuación el próximo instrumento. La “caza” de imágenes no paraba. La fotografía también capturaba partes de cielo que me ayudaban a entender ese techo natural que nos tocaba esa noche. Y cada nueva imagen iba despertando emociones de lo más dispares, desde las más inquietantes hasta las de la serenidad más pura.

Varias veces necesité alejarme, tomar distancia, procesar (o intentar procesar) en silencio que las viñetas de ese Todo no eran fotos de algún artículo, sino postales reales del momento que se podían disfrutar con sólo girar la cabeza un poco hacia arriba. Y aprovechaba esos ratitos para quedarme viendo a “los planetarios”, escudriñando una y otra vez el cielo, a más no poder y con ritmo, para que nada se les escape. Como si nunca lo hubieran visto. Cada uno a su manera y con sus propios tiempos, supongo, pero compartiendo un mismo plan.

De a poquito, algunas nubes empezaron a cubrir el cielo y la serenidad empezó a reinar. Entre algunas charlas espontáneas de las que calladamente disfruté mientras repensaba la inmensidad de las cosas, el show se fue apagando. Júpiter se esforzaba por exhibir su impactante brillo. Como si alguien estuviera jugando con él, se “encendía” y “apagaba” en cuestión de segundos. Pero las nubes finalmente le ganaron. A él y a la mayoría de las estrellas que luchaban por seguir luciéndose ante nosotros. El cielo lentamente se fue borrando y quedaron muchas cosas por ver. Con las últimas risas de fondo, y mientras el flash de una cámara se disparaba para capturar recuerdos, me animé a ponerle una banda de sonido a esos últimos trozos de cielo abierto, con una música que, aunque no del todo necesaria, me ayudó a cerrar la película. Noche cerrada en la que ciertamente no podía ver mis propios pies, y que encima nos regaló, en varios momentos, bellísimas estrellas fugaces, la última de las cuales fue tan increíblemente fuerte y prolongada que nos dejó a

todos boquiabiertos. Es una pena que uno tenga que recorrer kilómetros y kilómetros, escapándole a la luz de las ciudades. Pero a la vez, un gran regalo que en esa necesidad de escapar se compartan salidas como ésta –la primera para mí– con gente que, de manera tan contagiosa como natural, disfruta de este inmenso cielo de todos.

Estoy segura de que habrá otras, distintas, y hasta, sin dudas, mejores. Movilizadoras ya a otro nivel y con el factor sorpresa anclado en otro lado. Pero ésta para mí fue irrepetible. Me llevo conmigo una de las noches más increíbles en mucho tiempo, que me regaló entre tantas cosas esa sensación única de ver por primera vez algo, de redescubrir, en este caso, por primera vez en mucho tiempo y como debe ser, eso que está ahí nomás, arriba nuestro; entendiéndolo, aprendiéndolo, aunque más no sea un poco. El no saber qué esperar, la incertidumbre antes de la sorpresa que finalmente no decepciona. Eso es lo que me llevo y lo que dudo mucho, pueda olvidar. ■



*Sobre el horizonte, la franja violácea es la sombra de la Tierra.*

\* **Sabrina Mottino** es Lic. en Comunicación Social, productora de contenidos infantiles y alumna de los cursos *Astronomía General* y *Descubrir, Observar y Disfrutar el Cielo*, que se dictan en el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”, y una de las 46 personas que viajaron al campo como final del curso de observación del primer cuatrimestre de 2012.

**1** El curso *Descubrir, Observar y Disfrutar el Cielo* se dicta en el Planetario desde mediados de 2008, lleva nueve ediciones y por él pasaron más de 1500 alumnos. Tiene como objetivo aprovechar los recursos del instrumento planetario y sus proyectores adjuntos para enseñar la observación del cielo a simple vista, sus movimientos aparentes, sus objetos y sus fenómenos. Es dictado por Diego Luis Hernández y cada

edición finaliza con la organización de un viaje al campo para observar el cielo verdadero.

**2** *Historia de las Estrellas* (2006, Edit. Capital Intelectual) es un libro de Mariano Ribas, coordinador del Área de Divulgación Científica del Planetario y docente del curso *Astronomía General* desde 2001.

**3** Yamay es una granja ecológica dedicada al Turismo Permacultural Social y Ambiental Responsable, situada en la localidad de Villa Pardo, a 35 km de la ciudad de Las Flores, en la Provincia de Buenos Aires, a 230 km de la Capital Federal. La distancia, la oscuridad y la tranquilidad del lugar resultan ideales para nuestra actividad: la observación de un cielo oscuro. La salida de observación del pasado 13 de octubre representó el 13° viaje al campo realizado por el curso.



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

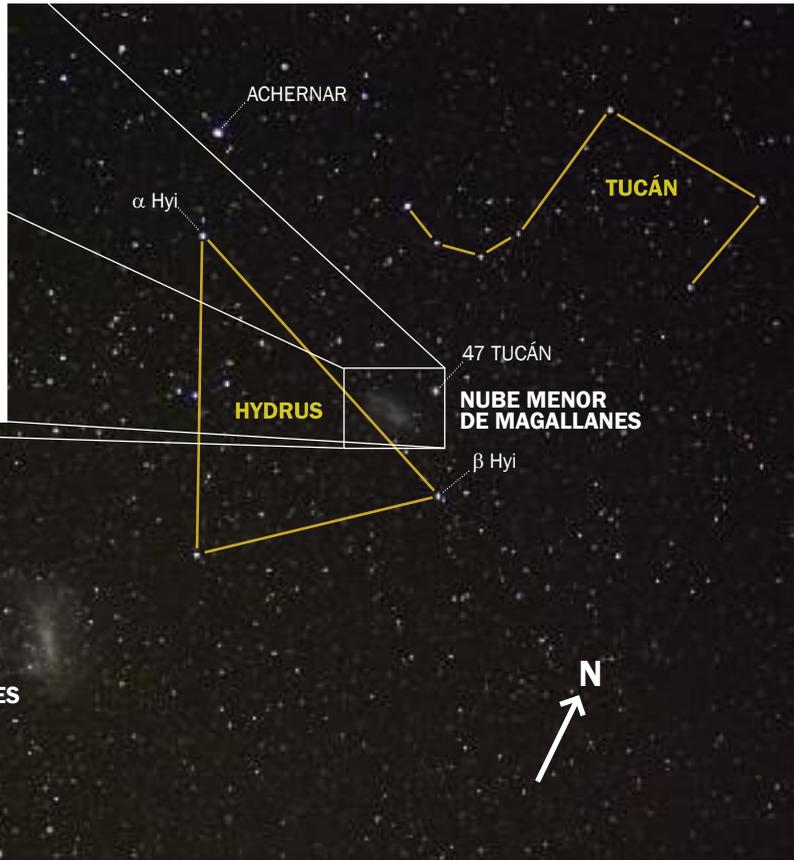
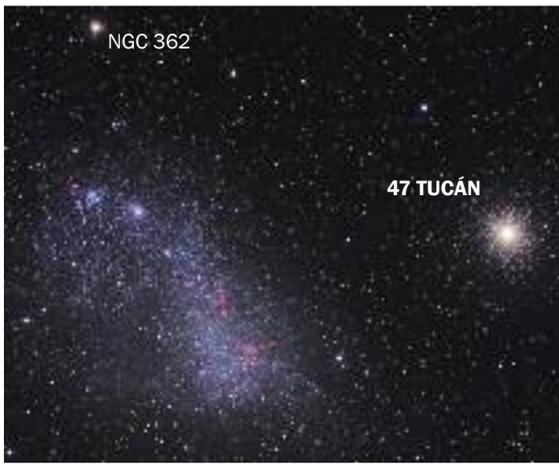
Talleres y charlas:  
construcción natural,  
permacultura, techos vivos,  
huerta orgánica, tecnologías  
apropiadas, astronomía.

Consultas por e-mail a: [info@yamay.com.ar](mailto:info@yamay.com.ar) o más información en: [www.yamay.com.ar](http://www.yamay.com.ar)

**YAMAY**  
TURISMO SOCIAL Y  
AMBIENTALMENTE RESPONSABLE

CÚMULO GLOBULAR 47 TUCÁN

# La joya del sur



A la izquierda, primer plano de 47 Tucán. Abajo, el mismo objeto en un campo más amplio. Arriba, cómo ubicarlo: hay que comenzar desde la estrella Achernar y localizar el triángulo de la constelación de Hydrus. Entre Achernar,  $\alpha$  Hyi y  $\beta$  Hyi, y 47 Tucán formaremos un paralelogramo. En el campo, el cúmulo se ve a simple vista fácilmente. En la ciudad, hará falta un poco de esfuerzo y un mapa.



## CÚMULO GLOBULAR 47 TUCÁN

# El gigante del millón de estrellas

Área de Divulgación Científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.

**E**n la Vía Láctea, los astrónomos han identificado más de 150 cúmulos globulares: colosales agrupaciones que pueden llegar a contener cientos de miles de estrellas, agrupadas por la gravedad en forma aproximadamente esférica (de ahí el término globular), y con diámetros de decenas de años luz, o incluso más. Los cúmulos globulares se ubican en el halo galáctico, una suerte de burbuja de materia que envuelve al disco principal de la galaxia. Además, son las poblaciones estelares más antiguas de la Vía Láctea, con edades cercanas a los 12 mil millones de años.

El cúmulo globular 47 Tucán<sup>1</sup> está a unos 16 mil años luz del Sistema Solar, mide 120 años luz de diámetro, tiene 10.500 millones de años de edad y, según las estimaciones actuales, posee alrededor de 1 millón de estrellas. La gran mayoría son estrellas ancianas, amarillentas, anaranjadas y rojas, aunque se han observado algunas muy jóvenes y azules (conocidas como *blue stragglers*: rezagadas azules). Las primeras tienen temperaturas superficiales de 3000°C a 5000°C, mientras que las azules pueden llegar a 50.000°C. Se estima que en el corazón de 47 Tucán la densidad de estrellas llega a un valor realmente impresionante: 100 estrellas por año luz cúbico<sup>2</sup>. En los cielos de los hipotéticos planetas de aquellos lejanos soles, las noches nunca serían oscuras, dado que estarían repletas de brillantísimas estrellas.

## Historia

Este clásico de los cielos australes se encuentra ubicado de la constelación del Tucán, que fue creada por los navegantes holandeses Pieter Dirkszoon Keyser y Frederick de Houtman, entre 1595 y 1597, en una de sus expediciones por los mares del hemisferio sur. En 1929 fue oficialmente reconocida por la Unión Astronómica Internacional como una de las 88 constelaciones del cielo.

En 1603 Johann Bayer (1572–1625), astrónomo y abogado alemán, incluyó a



Omar Mangini.

Otra imagen del Cúmulo Globular 47 Tucán, visible desde los cielos del sur.

Tucán en su célebre Uranometría, un atlas estelar que contenía, por primera vez, toda la esfera celeste. Allí se introdujo un nuevo sistema de identificación para las estrellas: la más brillante de cada constelación se identificaba con la letra griega alfa; la siguiente, con beta; la tercera, con gamma; y así sucesivamente hasta llegar a omega, la última letra del alfabeto griego. Tiempo después, el astrónomo británico John Flamsteed (1646-1719) aplicó números en lugar de letras griegas para la identificación de las estrellas de cada constelación. Así, nuestro cúmulo globular, visible a ojo desnudo incluso a veces desde una ciudad, está registrado con un número, ya que fue catalogado como la “estrella” 47 de la constelación de Tucán.

Probablemente, el primero que reveló la verdadera naturaleza de esta maravilla fue el francés Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) en uno de sus viajes al Cabo de Buena Esperanza, en Sudáfrica. El 14 de septiembre de 1751, Lacaille observó a la supuesta estrella número 47 de Tucán con su pequeño telescopio de 13 mm de diámetro, y descubrió que, en realidad, se trataba de una mancha difusa. Al mirar

detenidamente, se revelaba como un apretado enjambre de incontables estrellas, agrupadas en forma globular.

## Observación

De los cúmulos globulares de la Vía Láctea, 47 Tucán es el más grande y brillante<sup>3</sup>. Mide más de medio grado de diámetro aparente (similar a la Luna) y su magnitud visual es de 4,0, por lo que puede verse fácilmente a simple vista. Para ubicarlo, debemos mirar en dirección sur. Si estamos bajo cielos oscuros, tendremos una referencia inmejorable: la Nube Menor de Magallanes, una galaxia vecina que se observa fácilmente a ojo desnudo como un manchón difuso de unos 3 ó 4 grados de diámetro. A su lado está 47 Tucán, y se lo ve como otra mancha difusa, más pequeña y esférica, que resulta más palpable cuando se la observa con visión periférica, es decir, mirando de reojo y levemente hacia el costado de donde se encuentra el objeto. Según la fecha y la hora, el cúmulo puede verse arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha de la Nube Menor (ambos son circumpolares), pero siempre se encontrará hacia el norte de la

galaxia satélite. Cabe aclarar que, si bien la Nube Menor y 47 Tucán parecen coincidir en la misma dirección en el cielo, el cúmulo globular se encuentra mucho más cerca de nosotros.

Si nos encontramos en la ciudad, será muy difícil apreciar las Nubes de Magallanes. Entonces, tendremos que guiarnos con algunas estrellas. Podríamos intentar ubicar la constelación del Tucán, pero será más fácil encontrar estrellas más brillantes de constelaciones vecinas. Nuestra guía será Achernar (Alfa de Erídano). A partir de ella buscaremos el triángulo que se forma con la constelación de Hydrus (Hidra Macho), y formaremos un paralelogramo con Achernar, Alfa y Beta Hydrus, y 47 Tucán en cada vértice, como en la figura de la página 25.

Con la ayuda de unos binoculares, el cúmulo ya luce impactante. Puede obser-

varse claramente el núcleo denso y brillante, y el aspecto “arenoso” de su periferia. Pero para contemplar a 47 Tucán en todo su esplendor hacen falta telescopios. Con diámetros de entre 130 y 200 mm, y utilizando poco aumento, el objeto llenará todo el campo visual del ocular en una suerte de desparramo progresivo de incontables estrellas, desde el centro del cúmulo hacia sus bordes.

El magnífico 47 Tucán tiene una suerte de versión menor: NGC 362, un bonito cúmulo globular de magnitud 7, ubicado a sólo 3 grados de distancia. Muchos astrónomos aficionados suelen llamarlo “Tucanito”, en alusión a su “hermano mayor”.

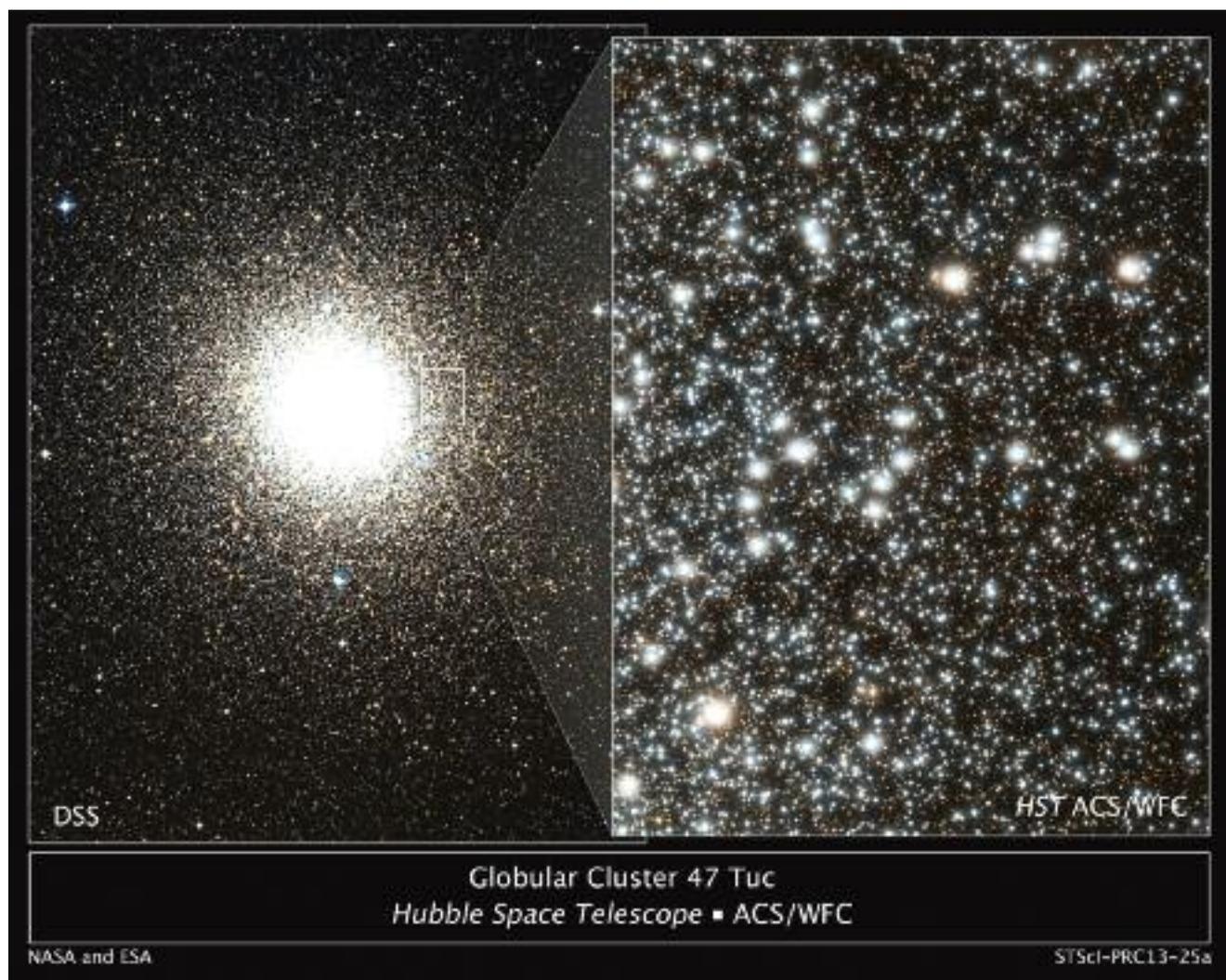
Durante los últimos meses del año, 47 Tucán se ubica en lo alto del cielo del sur hacia la medianoche, y ésta es la época ideal para observar y disfrutar de esta ma-

ravilla de maravillas, aquél que durante la mayor parte de la historia fuera confundido con una estrella y que fue revelado por Lacaille hace más de tres siglos y medio. ■

**1** También conocido por su número de catálogo NGC 104, o por su versión en latín, *47 Tucanae*.

**2** Comparemos con la cantidad de estrellas que hay en las cercanías del Sol a 1 año luz cúbico: ninguna.

**3** *Omega Centauri* es considerado generalmente como un cúmulo globular, el más grande y brillante del cielo. Pero investigaciones recientes de la morfología, el brillo superficial y la composición química de sus estrellas, llevan a pensar que es, en realidad, el núcleo de una antigua galaxia enana fagocitada por la Vía Láctea.



Una imagen de 47 Tucán realizada por el Telescopio Espacial Hubble, en la que se observa la alta densidad de estrellas.



**CITROËN**

## LAS EXTINCCIONES COMO PARTE DE LA NATURALEZA

# Extinctum

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



*Escena de caza ballada en una gruta de España.*

Las “extinciones en masa o masivas” son eventos puntuales que producen una caída abrupta en el número de especies. Se aceptan cinco y algunos las consideran cíclicas. Provocan una reestructuración de la biósfera donde el azar y la contingencia tienen más preponderancia que su complejidad o los efectos de la selección natural. El estudio de las extinciones a lo largo de la historia de la vida nos permite ver que también comprenden una oportunidad invaluable para nuevas formas de vida. ¿Son entonces saludables para la biota del planeta? ¿Deberíamos ignorar la extinción de formas de vida contemporáneas para que en el futuro florezcan otras? ¿Debemos recuperar las especies perdidas? La extinción es, en realidad, un hecho más común y normal de lo que la intuición indica. Nuestro aporte es válido para evitar contribuir a extinciones de especies actuales, pero con el conocimiento de que son parte del ciclo de la naturaleza, como la muerte lo es para la vida.

**H**oy aceptamos con facilidad el concepto de que tal o cual especie se encuentra en peligro de extinción. Sin embargo, admitir que las especies se extinguen no fue sencillo, a raíz de hondos conceptos religiosos. Numerosos descubrimientos, en especial a lo largo del siglo XIX, impidieron negar que hubiera especies desaparecidas en variados momentos. En 1693, John Ray y Edward Lhuyd mostraron que los fósiles hallados no parecían ser de animales muertos durante una catástrofe, y más tarde, George-Louis Leclerc, conde de Buffon, justificó la existencia de un Diluvio Universal, pero no lo consideró una explicación para los fósiles.

James Hutton y Charles Lyell, geólogos que influyeron ampliamente en el naturalista Charles Darwin, propusieron que los cambios en el planeta no habían ocurrido mediante cataclismos sino en forma lenta y gradual a lo largo de mucho tiempo. Esto era conflictivo con las ideas inmutables religiosas. De hecho, el geólogo suizo Louis Agassiz había presentado ante la Sociedad Suiza de Ciencias Naturales, en 1837, la teoría de la Edad de Hielo. La audiencia reaccionó hostilmente. En ese contexto, Darwin aplicó la idea a los seres vivos y pudo explicar el cambio en forma gradual y como resultado de la interacción con otras especies.

Según Lyell, los seres vivos respondían a los cambios geológicos y ambientales, desplazándose o extinguiéndose parcialmente, al punto de que si volvieran las condiciones del Mesozoico, volverían los

dinosaurios. Para Darwin, poniendo énfasis en la filogenia (la historia de las especies), esto no podía ser así. **La evolución no da marcha atrás.**

Para el biólogo conservacionista, la extinción representa una catástrofe, una derrota. Sin embargo, desde una perspectiva evolutiva el panorama es muy diferente. Así como los seres vivos pasan por el nacimiento, la reproducción y la muerte, las especies pasan por un origen, la especiación y la extinción, mediante un equilibrio implícito. Al hablar de extinción debe interpretarse la desaparición total y no la parcial o regional, y a pesar de que su sola mención resulta negativa, es un hecho común.

Mediante la selección natural<sup>1</sup> tiene lugar el exterminio, dentro de cada especie, de individuos que no han dejado descendientes. Esto converge en una selección no intencional de individuos dentro de un hábitat que redundará en especies beneficiadas, que se propagarán y diversificarán, y otras perjudicadas que se extinguirán, de acuerdo a la contingencia. Este tipo de extinción, que acontece en todo momento, de escasa magnitud y con cierto ritmo que varía para las especies, se conoce como **extinción de fondo** y ocurre de acuerdo a las capacidades de adaptación a un ambiente que siempre está en cambio y a la competencia con otros organismos. Es diferente de las **extinciones masivas**, que fueron reconocidas por el geólogo inglés John Phillips en 1860, quien al diagramar el progresivo pero fluctuante aumento de la diversidad de la vida en la Tierra, basado en el registro fósil, se halló ante la evidencia de los grandes baches al final del Paleozoico y Mesozoico, y de los aumentos de diversidad en cada edad subsiguiente.

**Extinto, pero solamente un poquito**

Tanto el concepto de las extinciones como su aceptación han variado a lo largo de la historia. El único evento de extinción reconocido por la Biblia es el Diluvio, y como una deidad omnipotente no crearía cosas para que luego desaparecieran, hablar de extinciones fue, durante cientos de años, herético. Thomas Pennant publicó en 1777 que los animales fósiles no se habían extinto,

sino que vivían en regiones remotas. Las consecuencias a largo plazo de esa idea pueden verse en libros como “El Mundo Perdido” (A. Conan Doyle) o películas como “King Kong” o “El Valle Gwangi”, que muestran sitios remotos donde las especies que creíamos extintas siguen viviendo, sin cuestionar a la Biblia.

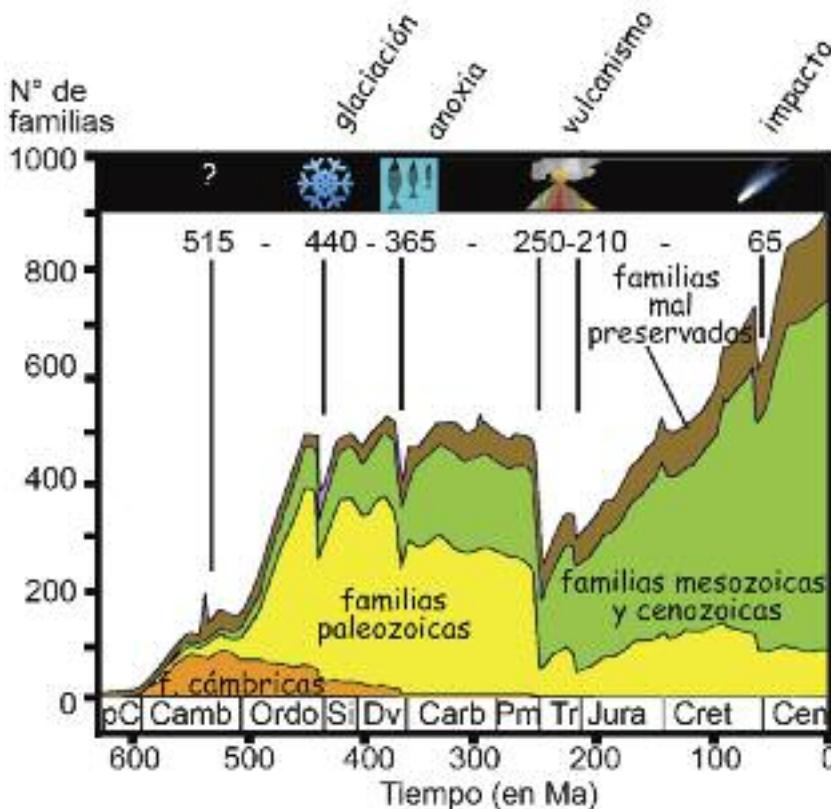
Georges Dagobert, Barón de Cuvier, zoólogo francés de principios del siglo XIX, era catastrofista<sup>2</sup>, pero sólo aceptaba que las extinciones fueran locales, un corrimiento de las especies hacia otras regiones, mientras otras especies ocupaban las zonas vacantes. Un inicio de lo que conocemos como sucesiones biológicas. El mamut podría haber desaparecido, pero también podría vivir en regiones lejanas o haber cambiado un poco (metamorfosearse, no evolucionar). Cuvier valoraba a las extinciones como eventos que dejan campo libre para otras ramificaciones de la vida, ya existentes pero menos conspicuas. Si las especies se extinguen y su lugar es reemplazado por otras, es que hay dinamismo. Si hay cambio, eso habilita el movimiento de los continentes y la transformación de las especies. En 1619, el filósofo italiano Lucilio Vanini fue quemado por sugerir (entre otras cosas) que existía una relación entre monos y humanos.

Treinta años antes que Darwin, el naturalista escocés Patrick Matthew (1790-1874) describió la acción de la selección natural basado en observaciones sobre la cría artificial, pero no creía que existiera un tipo de extinción constante como la de fondo. Las extinciones aceptadas eran las locales, no totales. Matthew opinaba que había cambio evolutivo y que ocurría sólo luego de las catástrofes, no entre ellas, donde la selección natural las estabilizaría sin alterarlas.

En 1973, el biólogo estadounidense Leight Van Valen postuló la Ley de la Extinción Constante: la supervivencia de un grupo dado a lo largo del tiempo geológico es lineal, es decir, que su probabilidad de extinguirse es constante, no importa cuánto hayan durado hasta entonces. Según el ecólogo argentino Eduardo Rapoport (1990), “*su permanencia no le otorga un seguro de vida*”. La probabilidad de extinción constante es un balance continuo entre la coevol-

“Así como los seres vivos pasan por el nacimiento, la reproducción y la muerte, las especies pasan por un origen, la especiación y la extinción”.

## Grandes extinciones



Proporción de víctimas de las extinciones masivas, causantes y tiempo. (Modificado de *Extinciones en tiempos geológicos*. Apestegua, 2012, a partir de J. Sepkoski, 1984).

ción respectiva del depredador y la presa, en organismos en interacción dentro de un ecosistema.

### A fondo

Para Darwin, la extinción de especies no tenía visos de catastrofismo, sino que era resultado de la interacción con una especie próxima, cuyas características le conferían ciertas ventajas momentáneas en un medio cambiante según su metáfora de la cuña: el espacio justo en el ambiente para un número definido de especies, y no más. Las extinciones de fondo, entonces, a pesar de ser fenómenos graduales, no quedarían en el registro fósil. Pueden darse también extinciones regionales no masivas, a raíz de manifestaciones geológicamente instantáneas, como variaciones en la posición de los continentes y en la altura de las montañas, que provocan cambios climáticos por la circulación de los océanos y la modificación de centros ciclónicos, llevando lluvias y verde al desierto y, a la vez, con el desecamiento

de humedales o la modificación de las costas (hace sólo 10.000 años la costa de Buenos Aires estaba 300 km mar adentro).

Así como las especies se extinguen, otras van surgiendo. Una tasa de extinción de fondo "normal" y constante se compensa con la tasa de generación de nuevas especies. No obstante, aunque es posible determinar la extinción de una especie al no registrarla más en su hábitat (con cierto margen de error), no es posible calcular la tasa de generación de especies. Las nuevas especies sólo pueden descubrirse cuando ya son conspicuas y exitosas. De hecho, en el caso de la extinción de fines del Devónico, hace 365 millones de años (Ma), análisis estadísticos muestran que el descenso en la diversidad se debería más a una baja tasa de origen de especies que a un incremento de extinciones.

Es muy complicado percatarse del surgimiento de una nueva especie, ya que en su origen las diferencias son apenas genéticas y/o de comportamiento. Por

eso se torna muy difícil calcular la tasa de extinción de fondo. Además, aunque pudiéramos calcular la tasa actual, la falta de datos antiguos nos impide saber si nos hallamos en una etapa general creciente o decreciente. Y si viéramos un peligroso aumento, no podríamos saber si estamos ante un descenso de la fluctuación cíclica de la tasa o nos estamos acercando a una extinción masiva a escala planetaria por la acción de algún agente, orgánico o inorgánico. Ése es el grave peligro de no conocer bien los ciclos normales de extinción.

### Las cinco masivas

El Barón de Cuvier notó que había numerosos eventos de extinción (aunque fueran locales), por lo que creyó que Dios debería haber realizado numerosas creaciones sucesivas. Louis Agassiz lo llevó más lejos al publicar en 1856 (un año antes de "*El origen de las especies*" de Darwin) que habían ocurrido unas 50 a 80 extinciones y unas ocho creaciones. Jean-Baptiste Lamarck quiso demostrar que las especies se transformaban, pero fue dejado en ridículo por Cuvier, gracias a sus interminables conocimientos en anatomía comparada. No obstante, Lamarck tenía razón.

El número de extinciones locales o parciales es muy discutible, pero sí hay acuerdo sobre el número de extinciones masivas. Estos eventos puntuales producen una caída abrupta en el número de especies e implican una reestructuración de la biósfera. Las extinciones masivas son de tal dimensión que la selección natural pierde importancia frente al azar y la contingencia. Se caracterizan por su magnitud (cantidad de familias o géneros afectados), la duración de sus causas y sus secuelas. También por su intensidad, selectividad, circunstancias ecológicas y las condiciones de recuperación.

Las causas a las cuales puede atribuirse una extinción masiva son numerosas. Las más comúnmente citadas son cuerpos extraterrestres que chocan con la Tierra; cambios climáticos (incremento de la temperatura global o glaciaciones); variaciones en la composición gaseosa atmosférica (oxígeno, dióxido de carbono); alteraciones en la circulación de las corrientes oceánicas en relación al movimiento de los continentes; erupciones volcánicas a gran escala; pande-

mias o enfermedades de alta dispersión; competencia entre especies y muchas otras. Todas las extinciones muestran una proporción de pérdida diferente, y es alta-

mente posible que las produzca una combinación de causas. Lo destacable de las extinciones masivas es su rapidez, la alta velocidad a escala geológica en la que el

evento tiene lugar. Esto se relaciona también a una recuperación lenta, consecuencia de la devastación de los ecosistemas. Lo evidente es que tras cada una de esas



Extinción por un Meteoro. Ilustración cedida gentilmente por Jorge A. González.

Durante la extinción que marca el límite entre los períodos Cretácico y Paleógeno se perdió el 36% de los géneros conocidos. Este evento ocurrió hace 65 Ma y marca también el límite entre las eras Mesozoica y Cenozoica. Se lo conoce como **límite K/P**. La fama de esta extinción procede de la desaparición de los dinosaurios no avianos, o dicho de otro modo, de todos los dinosaurios con excepción de las aves. Por ello, la lista de explicaciones para lo que aconteció es vastísima. El anatomista y paleontólogo inglés Richard Owen, de la segunda mitad del siglo XIX, sostenía que durante el Mesozoico había un bajo tenor de oxígeno. Los reptiles tenían tasas metabólicas bajas, pero al aumentar el oxígeno, las condiciones se habrían hecho imposibles para dinosaurios y reptiles marinos. En 1921, William D. Matthew propuso que los dinosaurios se extinguieron por efecto de las orogenias, la elevación continental y el remplazo por los mamíferos que tenían una mejor movilidad en terrenos con relieve. Por otro lado, Schuchert propuso en 1924 la idea de senilidad racial, es decir, que linajes muy especializados o gigantes estaban listos para extinguirse al primer cambio climá-

tico. En 1956 el paleontólogo M.W. de Laubenfels propuso la "ridiculez" de que los dinosaurios se habían extinguido por el impacto de un meteorito, pero fue sistemáticamente ignorado. ¿Quién quería explicaciones catastrofistas una vez que Lyell y Darwin habían impuesto el gradualismo?

La extinción K/P cobró especial notoriedad en 1980 con la propuesta de que el agente causante habría sido la caída de un asteroide en Chicxulub, México, hace 65,3 Ma. Un bache en el registro, tanto de los grandes vertebrados como en los microfósiles<sup>4</sup> de fines del Cretácico que no se hallan en el Paleógeno, demostró la extinción. Estudiando la química del momento del impacto, el equipo de Walter Álvarez y su padre, el químico y premio Nobel Luis Álvarez, reconocieron la presencia de una cantidad anormal de iridio<sup>5</sup> en una capa del límite K/P en Gubbio, Italia, reconocible por una variación en las especies de microfósiles presentes. El iridio es un metal raro en la Tierra pero está presente en muchos asteroides. En planetas tectónicamente activos<sup>6</sup> los elementos más pesados se desplazan hacia el centro, pero en asteroides se encuentran en todo su volumen. Evidencias geológicas de tsunamis en el sur de EE.UU. y en Colombia, así como numerosas microsferas de roca fundida en la región caribeña, permitieron apuntar a América Central.

Hacia 1990 se reconoció un cráter de casi 200 km enterrado bajo 2000 metros de sedimentos. Las más recientes investigaciones muestran que el cráter de Chicxulub se formó 300.000 años antes de que desaparecieran los dinosaurios, por lo que no sería el responsable directo. Hoy se supone que caye-



Imagen que muestra la posición y radio de acción del impacto de Chicxulub, por un asteroide de 10 km y un cráter de 170 km, frente al tamaño del Golfo de México.

variaciones cataclísmicas, se sucede una verdadera explosión en la biodiversidad correspondiente a nuevas radiaciones adaptativas<sup>3</sup>.

A lo largo de la historia de la vida se han identificado cinco eventos de extinción masiva, a los que se conoce como “las cinco grandes”, y el más famoso es el del

Cretácico-Paleógeno, hace 65 Ma, responsable de la desaparición de los dinosaurios, entre otros (ver recuadro *La extinción más famosa*).



*Un pterosaurio basal ejemplificando al grupo. Estos reptiles voladores, cuyo linaje vivió por más de 150 Ma, se extinguieron en K/P. Foto del Museo de Historia Natural de Bruselas, Bélgica.*



*Tiburones alimentándose del mosasaurio *Prognathodon saturator*, de finales del Cretácico Superior. Imagen de Dan Varner cedida gentilmente por la Dra. Anne Schulp, del Natuurhistorisch Museum Maastricht (Holanda).*

ron muchos asteroides a lo largo de 300.000 años, pero el impacto mayor, producido hace 65,3 Ma, se sigue buscando. ¿Puede todo el Golfo de México ser un cráter? Muchos sostienen que la vida no hubiera podido resistir tamaño impacto.

La muerte masiva de diatomeas (algas con corazas microscópicas), foraminíferos (amebas con conchillas complejas) y otros integrantes del plancton habrían decidido la suerte de la trama alimentaria de los mares, incluyendo moluscos como los amonites, erizos y corales. En tierra, las consecuencias más notables fueron la muerte masiva de varios grupos de plantas, incluyendo las benetitales y amplias variedades de helechos. Entre los reptiles, desaparecieron los dinosaurios herbívoros y los grandes dinosaurios carnívoros, así como los mosasaurios y plesiosaurios en los mares, y los pterosaurios y muchos grupos de aves en el aire.

Es posible que la brusca disminución del oxígeno de la atmósfera (de un 45% hasta el 21%) haya sido decisiva, tanto con la caída de un asteroide como por vulcanismo. Entre los sobrevivientes a la extinción K/P se destacan vertebrados ectotermos (los reptiles, cuya temperatura corporal depende de la temperatura del ambiente) o aquellos endotermos (los que mantienen su temperatura independientemente del ambiente; por ejemplo, mamíferos y aves) con alta eficiencia en la captación del oxígeno. Los diversos animales y plantas que sobrevivieron formaban parte de eco-

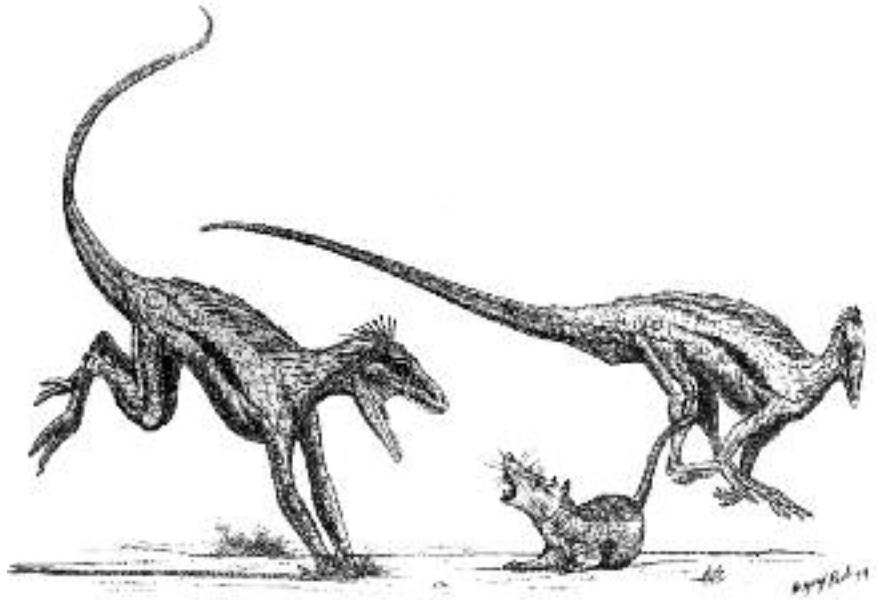
sistemas marginales, de crecimiento veloz y amplia dispersión. Durante K/P, la mayor parte de los dinosaurios se extinguió, y sobrevivieron sólo las aves, a las que podríamos considerar como una forma relictual de dinosaurios. Hoy existen 9100 especies de aves y sólo 4200 de mamíferos.



*Imagen de un amonites: un cefalópodo extinto en el mismo momento. Ilustración de Martina Charnelli cedida por el museo Tuyú Mapu (Gral. Madariaga).*

*Dos reptiles dinosauriomorfos acorralan a un sinápsido cercano a los primeros mamíferos en un árido ambiente del Triásico argentino.*

*Aunque los mamíferos somos tan antiguos como los dinosaurios, nuestro desarrollo se mantuvo circunscripto al rol de pequeños seres huidizos durante los 160 Ma en que los dinosaurios dominaron los ambientes terrestres. Visionariamente, el artista Gregory Paul ilustró en 1979 a ambos linajes provistos de cubiertas corporales aislantes: proto-plumas y pelos. En la competencia, los reptiles, entonces con notables capacidades locomotoras, salieron mejor parados.*



A pesar de que las extinciones en masa son de una importancia comparable a la de la selección natural en su papel como disparadores de la diversidad, esto se debe exclusivamente a la capacidad de supervivencia que tiene la vida frente a graves problemas que afectan a la biósfera como un todo. Es la contingencia<sup>7</sup> la que determina los sobrevivientes, es decir, un poco de las características propias pero mucho de azar.

## ¿A quién le hace falta una extinción masiva?

A escala geológica, es más importante el reconocimiento del papel de las extinciones masivas en la generación de nuevas formas de vida y nuevos nichos ecológicos<sup>8</sup> que sus causas o su ciclicidad. Por ejemplo, mucho se ha discutido acerca del evento de extinción que permitió, con la desaparición de muchos sinápsidos (grupo de amniotas entre los que nos hallamos los mamíferos) y cocodrilos terrestres hace 250 Ma, la evolución de los dinosaurios. Esta extinción, conocida como del Permo-Triásico, ocurrió cuando el mundo se hallaba integrando el supercontinente Pangea, por lo que sus efectos se globalizaron con facilidad. Aunque se han propuesto varias causas, se acepta que fue producida por el masivo vulcanismo en China (evento Emeishan), Siberia y el oeste argentino (evento Choiyoi), siendo este último el menos reconocido.

La evolución de los terápsidos, un grupo de sinápsidos al que pertenecemos, era su-

mamente exitosa y fue truncada por dos extinciones masivas, la citada del Permo-Triásico (250 Ma) y la del Triásico medio (225 Ma). Al recuperarse las faunas, los reptiles arcosaurios (dinosaurios, pterosaurios, cocodrilos y sus parientes) se hallaron mejor posicionados para volverse dominantes en el nuevo ambiente árido, ya que contaban con herramientas de peso en la locomoción y el ahorro del agua. Sin la extinción de fines del Pérmico, que culminó con la dominancia de los sinápsidos y permitió a los arcosaurios el dominio de los ambientes continentales, tal vez los dinosaurios nunca hubieran existido; y sin los dinosaurios, jamás hubieran existido las aves. Tal vez, si los grandes sinápsidos carnívoros hubieran seguido existiendo, no hubieran podido desarrollarse las formas minúsculas y heterocrónicas (de ritmos de desarrollo diferentes a los de sus especies emparentadas) entre cuyas especies nos hallamos los mamíferos. A pesar de haber convivido con los dinosaurios durante 160 Ma, de no haber mediado la extinción de fines del Cretácico los mamíferos no hubieran podido desarrollarse del modo que hoy conocemos.

Entonces, ¿son las extinciones masivas saludables para la biota? ¿Significa esto que deberíamos ignorar la extinción de las formas de vida contemporáneas para que en el futuro florezcan otras formas magníficas? Definitivamente no está en nuestras manos favorecer a las especies del futuro; al menos no intencionalmente. Es válido nuestro aporte para no contribuir a la ex-

tinción de las especies actuales, pero siempre con el conocimiento de que las extinciones son parte del ciclo de la naturaleza.

## Volver

Los humanos hemos extinguido numerosas especies en tiempos históricos y prehistóricos. Muchos ven con benevolencia la reintroducción de fauna en sitios donde su presencia existiera históricamente, siempre y cuando no sea peligrosa para la población humana. Por ejemplo, nadie se opone a la introducción de ciervos o aves extintas, pero la situación cambia cuando se habla de introducir lobos en los bosques norteamericanos o yaguaretés en Iberá, en las sierras bonaerenses o en los bosques andino-patagónicos.

Desde hace unos años, se habla de un retorno artificial a los ambientes que los humanos habríamos destruido, para volver a la situación de comienzos del Holoceno, hace unos 10.000 años, y “completar” zonas adaptativas que han quedado “vacías” tras un evento de extinción. Según este concepto, muchos ecosistemas actuales no funcionan apropiadamente por falta de su correspondiente megafauna. Si bien para paleontólogos diez milenios de ausencia no es una cantidad de tiempo significativa, para los ecólogos no existen zonas adaptativas vacías, y un año es tiempo suficiente para determinar que el ecosistema está funcionando sin precisar a la megafauna. Diferente a como funcionaba antes, pero está en marcha. Es la “ecología del no equilibrio”.

“Sin la extinción de fines del Pérmico, tal vez los dinosaurios nunca hubieran existido, y sin los dinosaurios, jamás hubieran existido las aves”.

El mayor argumento en contra del proyecto es que si en diez milenios las comunidades naturales existen, es porque se han establecido nuevos equilibrios dinámicos (o no-equilibrios), con o sin megafauna. Así, la reintroducción probablemente alteraría la dinámica del ecosistema hasta el colapso, aún sin contabilizar las enfermedades, parásitos y destrucción de flora na-

tiva que esto podría acarrear. El dinamismo del ecosistema se desplazaría hacia algo muy diferente de las comunidades del presente, pero también de las del pasado.

#### Dolly-saurus y... ¡A clonar especies fósiles!

Michael Crichton escribió en 1990 su novela *Jurassic Park*, luego llevada al cine, donde planteaba la clonación de dinosaurios a través del ADN<sup>9</sup> preservado en mosquitos que los habían picado y luego habían muerto atrapados en resina de árboles. Desde allí se ha multiplicado el intento de los científicos por obtener ADN fósil. ¿La finalidad? Bueno, eso es lo último que se halla. Lo primero es responder al desafío. Así nos manejamos los humanos y los límites son los hallazgos más difíciles para un científico.

En años recientes, la paleontóloga Mary Schweitzer extrajo colágeno<sup>10</sup> y restos de vasos sanguíneos del fémur de un *Tyrannosaurus rex*. También se ha publicado el hallazgo de restos de material blando en alas

de pterosaurios de Brasil. Sin embargo, aunque no es rara la preservación de tejidos blandos mineralizados o incluso esqueletos con fosilización incompleta, hasta ahora nadie ha podido extraer ADN.

La posibilidad de aislar proteínas abre la expectativa de hallar ADN. Esta molécula es una de las más inestables, ya que la naturaleza, siempre ávida de que le devuelvan los fosfatos que presta, los reclama en cuanto el organismo muere y, hasta hoy, ningún resto de ADN se ha preservado razonablemente más allá de 50.000 años. El agua y el oxígeno degradan los nucleótidos rápidamente y fragmentan la molécula, aún en frío seco o sin oxígeno.

También se intentó la extracción a partir de restos de mamuts (el material no se hallaba tan bien preservado como su carne congelada prometía), de una cuaga (un caballo franjeado extinto por el hombre en 1883), de un tilacino (lobo marsupial extinto por el hombre en 1902) a partir de un feto preservado en alcohol, del cuero de un milodonte (un perezoso gigante extinto

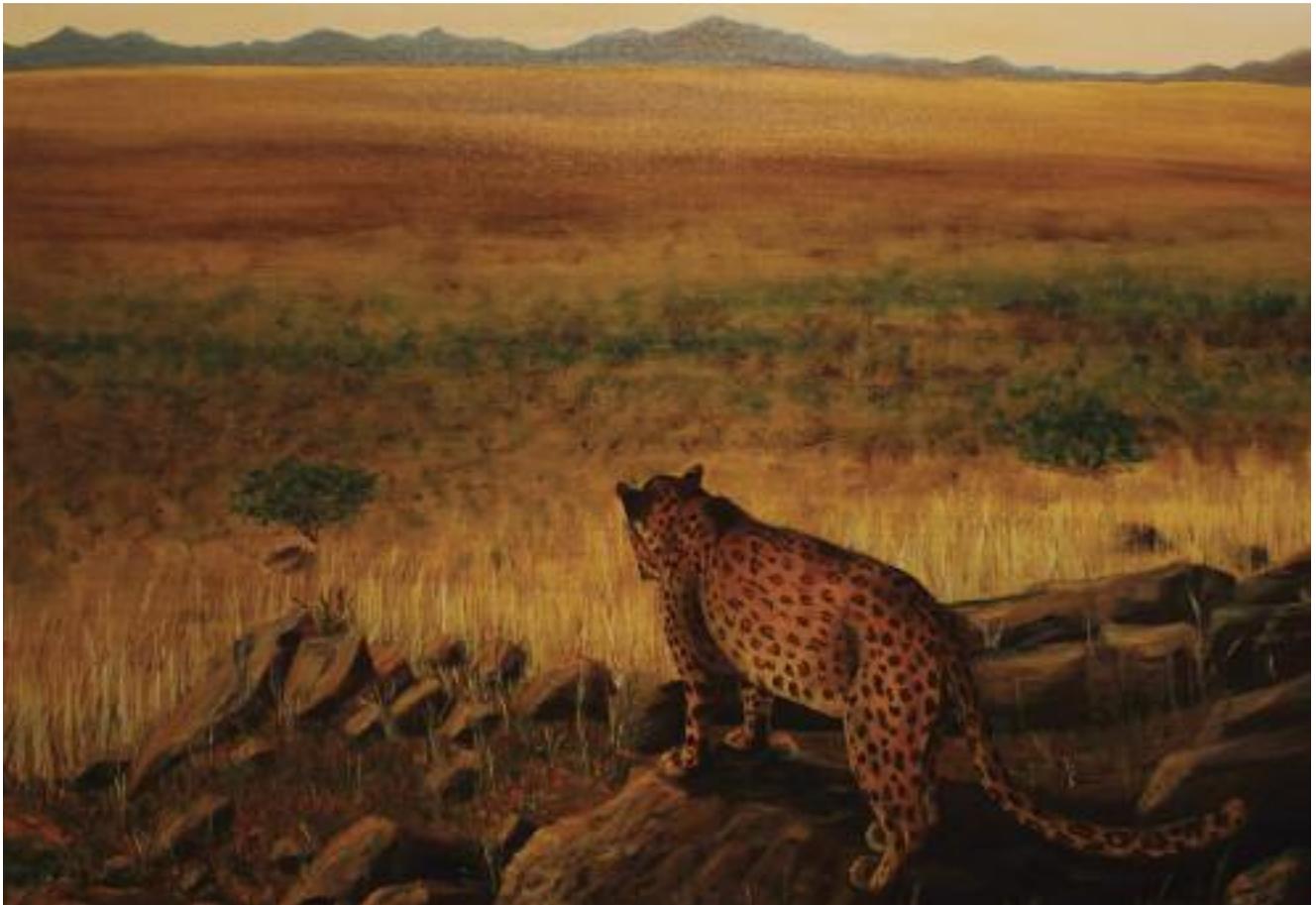


Imagen figurativa sobre el retorno de los grandes felinos manchados a los lugares que habitaron en el pasado, como la Patagonia. Cedida gentilmente por Cynthia Bandurek.

hace 10.000 años) y de una hoja de magnolia del Mioceno (17 Ma). El problema es que aunque se tuviera el ADN en impecables condiciones, incluso para especies actuales, la clonación implica un solo éxito en casi 300 fracasos. ¿Se justifica tanta inversión cuando escasean los recursos para las especies que se hallan rozando la extinción? ¿Vale la pena traer a una especie del pasado cercano cuando no logramos controlar la veloz degradación de los ambientes modernos? ¿La traeremos para condenarla a la reclusión en un zoológico?

Ante cada nuevo hallazgo de restos blandos de un animal fósil, a los periodistas no les interesa ni el procedimiento ni si esto indica que era macho o hembra o si tenía el pelo más rojizo o más oscuro. La pregunta, que da forma a lo que al público le interesa, es: ¿Y ahora van a poder clonarlo? Y el interés genera divisas, y el dinero empuja a empresarios a pagar estudios y a demandar resultados. ¿Puede un científico poner freno a eso? Uno sí; dos, no. Además, ¿con qué excusa: que el animal no se va a hallar en este mundo? Es poca cosa para frenar empresarios.

La técnica a seguir para la clonación de un animal fósil, como bien lo describía Crichton en su libro, partía del material fragmentado provisto por el ADN del fósil al que se iban llenando los baches con otro ADN (en Parque Jurásico utilizan una rana). Probablemente, en la realidad se haga el camino inverso. Sobre un ADN de ave o de cocodrilo se irán reemplazando sucesivamente genes hasta lograr la “dinosaurización” del organismo actual.

Por ello, no es ciencia ficción la obtención de ADN de uros, tilacinos, mamuts, moas e incluso nuestros hermanos Neanderthal. No extrañaría que en menos de una década se hallen algunos ejemplares de esas especies en parques zoológicos, si es que, para nuestra desgracia, esas instituciones aún existen en su forma tradicional. O incluso en áreas naturales, donde se hallaban presentes los dos primeros hace doscientos años y, los últimos, hace unos pocos miles. El límite no será la tecnología, y probablemente tampoco lo sea la ética. ■

El autor: **Sebastián Apesteguía** es paleontólogo, doctor en Ciencias Naturales de la Universidad de La Plata, investigador adjunto de CONICET en la Universidad Maimónides. Es

Profesor titular de Herpetología en la Universidad CAECE desde 2005. Se inició en el Museo Argentino de Ciencias Naturales bajo la dirección de José Bonaparte y Fernando Novas. En 1999 comenzó a buscar dinosaurios en la provincia de Río Negro, donde descubrió cuatro localidades fosilíferas nuevas. Desde 2003 dirige el Área de Paleontología de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara, enfocado en las faunas cretácicas sudamericanas y en los reptiles de Patagonia. Ha publicado 42 trabajos científicos en revistas como *Nature*, *Naturwissenschaften*, *Cretaceous Research*, *el Journal of Vertebrate Paleontology* y *Ameghiniana*. Es también autor de varios libros, como *Vida en Evolución*, y son frecuentes sus participaciones en Canal Encuentro (Naturalistas Viajeros) y en Canal 7, donde es columnista de Científicos Industria Argentina y conductor de Dicciosaurio. Es miembro de la *Society of Vertebrate Paleontology*, Asociación Paleontológica Argentina, Sociedad Científica Argentina y la Fundación Félix de Azara. Ha recibido subsidios de investigación de *The Jurassic Foundation*, de CONICET y de la *National Geographic Society*. Ha realizado unos 40 viajes de campaña paleontológicos en la Patagonia, en el norte y oeste argentino, en Bolivia, Ecuador, EE.UU., Hungría y Francia.

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

**2 El catastrofismo** es una corriente de pensamiento que intenta explicar la mayor parte de los eventos geológicos, incluida la formación del planeta, mares y cordilleras, como ocurridos en forma instantánea y espectacular. Se halla ligado al pensamiento religioso anterior al gradualismo de Hutton, Lyell y Darwin.

**3 Las radiaciones adaptativas** implican una especiación rápida impulsada por la existencia de nuevos nichos ecológicos. Puede ocurrir con la llegada a un ambiente de una forma nueva. El ejemplo clásico es el de los pinzones y las tortugas de las Galápagos, descubiertos por Darwin. Explica el éxito de las especies introducidas frente a las nativas.

**4 Los microfósiles** son restos de organismos que se colectan como muestras de sedimento y sólo en el laboratorio, tras su preparación y bajo lupa, puede notarse su presencia. Son de gran utilidad para la datación relativa de capas rocosas, para estudios ambientales y para la búsqueda de petróleo.

**5 El iridio (Ir)** es un “metal de transición” del grupo del platino. Su gran densidad y dureza, cercana a la del osmio, han llevado a que casi no se halle en la corteza terrestre.

**6 Los planetas tectónicamente activos** son aquellos que poseen una actividad interna que se manifiesta en su corteza o superficie mediante la deformación de sus rocas. En el caso de la Tierra, la tectónica de placas genera el reciclado de la corteza planetaria y

una garantía de actividad permanente.

**7 Contingencia** histórica en la evolución: cadena de estados impredecibles y azarosos que hacen que la historia de un linaje sea única e irrepetible y no pueda ser predicha ni anticipada, sino descrita o explicada a posteriori.

**8 Un nicho ecológico** es una posición o función (hipervolumen) en el ecosistema, determinada por todos los factores bióticos y abióticos (multidimensional) que se relacionan con el organismo ocupante de ese nicho. El nicho puede solaparse con el de otra especie desencadenando competencia.

**9 El ADN** o ácido desoxirribonucleico contiene instrucciones genéticas hereditarias usadas por cada célula en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos.

**10 El colágeno** es una proteína animal que se organiza como fibras flexibles y que, hervido y desnaturalizado, forma gelatina. Se halla presente, por ejemplo, en la piel y los huesos de los vertebrados.

## Bibliografía

- Álvarez, W. 1997. *Tyrannosaurus rex y el carácter de la muerte. Drakontos*.  
 Apesteguía y R. Ares. 2010. *Vida en Evolución*. Edit. Vázquez-Mazzini.  
 Apesteguía. 2012. *Extinciones en tiempos geológicos. Programa de conservación de especies amenazadas*. Gustavo Porini; Daniel Ramadori (Eds.). Félix de Azara; p. 29 - 44.  
 Bambach, Knoll, Wang. 2004. *Origination, extinction and mass depletions of marine diversity*. *Paleobiology*, 30(4), 2004, pp. 522-542.  
 Bonaparte, J. F. 1982. *Faunal replacement in the Triassic of South America*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 2: 362-371.  
 Deutsch, J. 2009. *El gusano que usaba el cacahol como taxi. Fondo de cultura económica*. 231 pp.  
 Dingus, Rowe. 1998. *The Mistaken Extinction: Dinosaur Extinction and the Origin of Birds*. W. H. Freeman and Co., New York. 332 pp.  
 Erwin, D. H. 1996. *La mayor extinción biológica conocida. Investigación y Ciencia N° 240*.  
 Gould, S. J. 1995. *Dientes de gallina y dedos de caballo. Drakontos*. 341 pp. 1991: *La vida maravillosa. Crítica*. 2005: *Ocho cerditos, reflexiones sobre historia natural. Crítica*. 452 pp. 1993: *El libro de la Vida*. 279 pp.  
 Jablonski, D. 2001. *Lessons from the past: Evolutionary impact of mass extinctions*. *PNAS* 98: 5393-5398.  
 Jansen y Overpeck. 2007. *Palaeoclimate. Intergovernmental Panel on Climate Change*.  
 Jansen y otros: *Palaeoclimate. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 433-497.  
 Leakey y Lewin. 1997. *La sexta extinción*. Tusquest Editores. 177 pp.  
 Simpson. 1983. *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*. YUP. 275 pp.

## HUELLAS DE ANTIGUOS IMPACTOS

## Cráteres de la Tierra

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

Son las cicatrices de viejas heridas, prodigios geológicos que dan cuenta de terribles impactos que, en el pasado remoto, dañaron dramáticamente la superficie de nuestro planeta. Aunque parezcan cosas de otros mundos, la Tierra también tiene sus cráteres. No son tantos, ni tan evidentes, ni están tan bien preservados como los de la Luna o Mercurio. Los cráteres terrestres son huellas mayormente borrosas, muy desgastadas o directamente imperceptibles a primera vista. Es que, a diferencia de muchos de nuestros vecinos, la Tierra siempre fue un mundo geológicamente activo, inquieto, envuelto por una corteza cambiante.

Meteor Crater, Arizona, EE.UU.



M. Sibbensen y Thibault K. NASA, Nebraska SpG.

**A**ctualmente, y en buena medida gracias a las imágenes satelitales, se han identificado casi 200 cráteres de impacto en la superficie terrestre (seguramente, debe haber muchísimos más, bien ocultos en el fondo de los océanos). Algunos son relativamente "jóvenes", geológicamente hablando, con edades de algunos millones de años. Otros son mucho más viejos y se remontan a cientos de millones de años atrás. Aquí hemos elegido algunos de los cráteres más notables de la Tierra. Por su tamaño, por su edad, por su grado de preservación o por sus implicancias en la historia del planeta. Pero antes de conocerlos, vamos a echar una mirada al pasado y a los procesos que los originaron (y desgastaron), para entenderlos mejor.

### Tiempos violentos

Los cráteres de impacto son las formaciones geológicas más comunes de todo el Sistema Solar. Los encontramos en todos los planetas terrestres, en todas las

lunas y hasta en asteroides y cometas. Estas fosas pueden medir desde unos pocos metros hasta cientos de kilómetros de diámetro; incluso miles, si consideramos aquellos que fueron rellenados con materiales fundidos, como los *mares* de la Luna. Son, mayormente, los recuerdos de los tiempos más remotos y violentos de la gran familia del Sol. Estamos hablando, aproximadamente, del período que va desde la formación de los planetas (y todos los demás cuerpos menores), hace unos 4500 millones de años, hasta hace unos 3800 millones de años; épocas en que los mundos se fueron forjando y crecieron en medio de terribles y continuos bombardeos de escombros cósmicos. Pasado aquel largo período, los impactos de meteoritos, asteroides y cometas fueron cada vez más esporádicos, pero nunca desaparecieron. De hecho, como bien sabemos, continúan hasta nuestros días y son una amenaza latente.

A lo largo de las últimas décadas, las sondas espaciales nos han mostrado que las huellas de aquellos tiempos de furia están

en todos los rincones del Sistema Solar, desde Mercurio hasta las lunas de Júpiter o Neptuno<sup>1</sup>. Pero el ejemplo más cercano y contundente lo tenemos aquí nomás: la Luna (ver página 43). Hasta el más modesto de los telescopios (incluso, un binocular) nos muestra que sus viejos y castigados paisajes están saturados de cráteres.

Sin embargo, la Tierra se nos presenta muy diferente. A primera vista, los cráteres no parecen formar parte de nuestros paisajes. Sin embargo, estuvieron, y fueron muchísimos, pero casi todos fueron literalmente borrados del siempre cambiante mapa terrestre. Aún así, todavía quedan unos cuantos, aislados, enmascarados, o muy bien escondidos.

### Erosión y tectónica

En nuestro planeta, los cráteres son una rareza. En principio puede resultar extraño, dado que la Tierra, mucho más grande y masiva que la Luna, debió haber recibido muchos más impactos de proyectiles cósmicos a lo largo de sus 4500 millones de años de historia. ¿Y en-

“

**La mayoría de los cráteres de la Tierra fueron descubiertos en las últimas décadas, gracias a las imágenes satelitales.**

”

tonces? La explicación está, justamente, en dos factores esenciales que no existen en la Luna (y prácticamente nunca existieron). Por un lado, la presencia de una atmósfera, agua líquida y los fenómenos meteorológicos asociados a ambas. Y por el otro, la tectónica de placas<sup>2</sup>. Ambos factores se han sumado y combinado a lo largo del tiempo, y dieron lugar a una corteza siempre relativamente joven y cambiante, casi efímera en tiempos geológicos.

A lo largo de miles de millones de años, la presión del aire, la acción de los vientos, las lluvias, las nevadas, el fluir de los ríos, los mares y el avance y/o retroceso

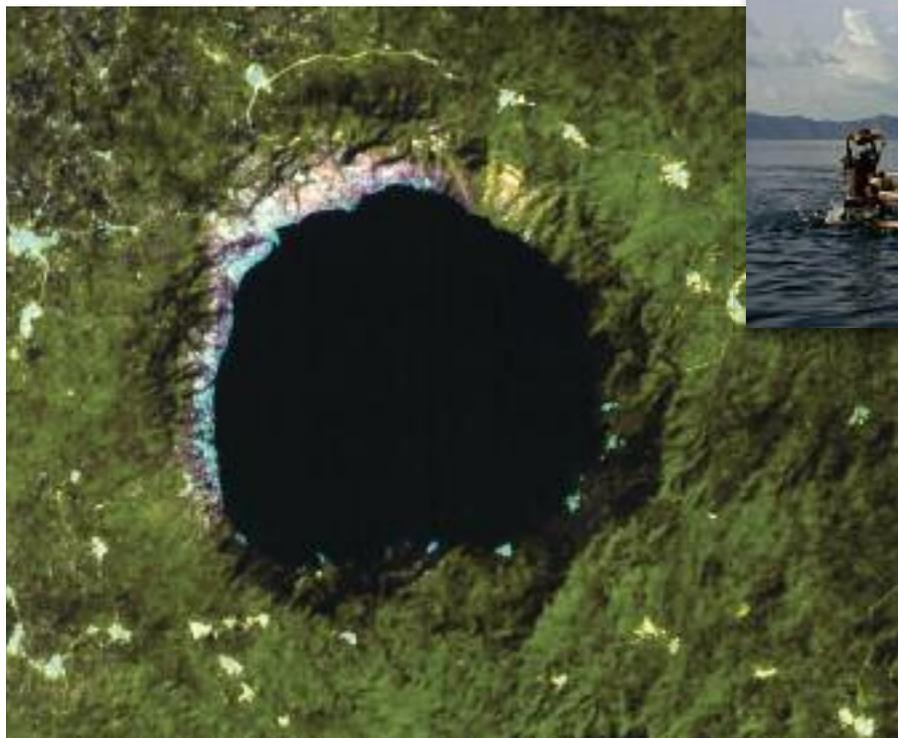
de los glaciares, no sólo han erosionado los terrenos continentales y, con ellos, la mayoría de los cráteres de antaño, sino que también han depositado toda clase de sedimentos que los han tapado. En paralelo, la tectónica de placas fue reciclando continuamente la superficie del planeta. Particularmente en el fondo de los océanos, donde el continuo roce, choque y subducción<sup>3</sup> de las placas que forman la corteza oceánica, ha hecho que nada dure mucho más de 200 ó 300 millones de años, incluyendo, claro, los cráteres. La corteza continental, si bien permaneció emergida, por su mayor flotabilidad, también fue seriamente afectada y reconfigurada por los procesos derivados de la tectónica: compresión y deformación, terremotos, maremotos y erupciones volcánicas.

Así, de los cientos de miles (o quizás, millones) de cráteres de impacto que debería haber en la superficie de la Tierra, se han identificado menos de 200. Son los que han “sobrevivido” a los avatares geológicos y climatológicos de nuestro mundo, ya sea porque son muy jóvenes (y no han tenido tiempo de desgastarse), o bien porque son extremadamente grandes y sus trazas todavía son reconocibles. Un dato nada menor: la mayoría de los

cráteres de la Tierra recién fueron descubiertos en las últimas décadas, gracias a las imágenes satelitales. Ahora sí, vamos a conocer algunos de los más notables.

**El más famoso**

Sin dudas, el cráter de impacto más famoso del mundo es el *Meteor Crater* (foto de la página 37), en pleno desierto de Arizona, Estados Unidos, una fosa con forma de taza de 1200 metros de diámetro y 175 metros de profundidad (muy poco en relación a otros cráteres terrestres). Lo que lo hace verdaderamente especial, casi único, es su perfecto estado: es el cráter mejor conservado del mundo. Eso se debe, especialmente, a su extrema “juventud”: el *Meteor Crater* se formó hace tan sólo 50 mil años por el impacto de un pequeño asteroide de hierro y níquel de 40 ó 50 metros. El objeto, de cientos de miles de toneladas, se estrelló contra aquel rincón de América del Norte a unos 60 mil km/hora, se vaporizó casi completamente y dejó incontables fragmentos muy pequeños desparramados en un radio de varios kilómetros a la redonda. Se han recuperado cerca de 30 toneladas de restos, incluyendo una pieza única de 700

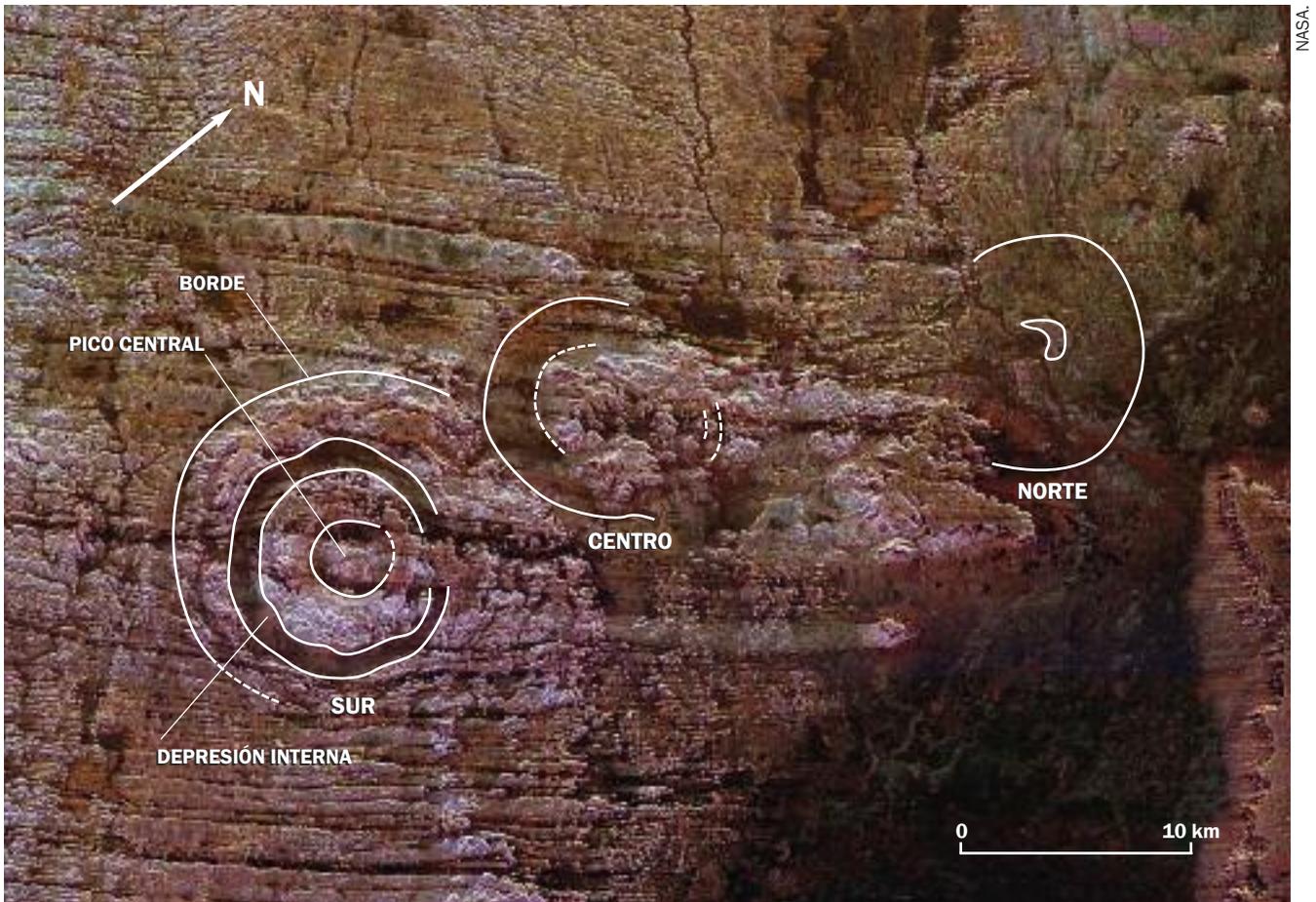


NASA.



Universidad de Arizona, EE.UU.

*El cráter y lago Bosumtwi, en Ghana, es un lugar de recreación para las aldeas que lo rodean.*



Cráter Aorounga y posibles cráteres secundarios en el Desierto del Sahara, en Chad.

kilos. Eso es todo lo que quedó de aquel asteroide kamikaze.

El *Meteor Crater* tiene la ventaja de estar libre de vegetación que lo cubra, y cada día es visitado por cientos de turistas de todo el mundo. Hace algunas décadas se convirtió en una suerte de “caso testigo”, cuando el gran geólogo Eugene Shoemaker (1928-1997) demostró que no se trataba de un cráter volcánico, como se sostenía tradicionalmente, sino que fue provocado por un impacto meteorítico.

#### Cráteres africanos

La inmensa mayoría de los cráteres de la Tierra no son tan evidentes, ni están tan expuestos como el de Arizona. Muchos están total o parcialmente cubiertos de rocas, sedimentos y vegetación, o directamente inundados. Es el caso del Cráter Bosumtwi, que contiene al lago homónimo, ubicado al sudeste de la ciudad de Kumasi, en Ghana. Hace 1.300.000 años el impacto de un asteroide (o quizás, un cometa) generó esta

fosa circular de 10,5 kilómetros de diámetro y cientos de metros de profundidad. Con el correr del tiempo, el cráter se fue llenando de agua hasta formar el único lago natural de Ghana. Rodeado por un denso bosque tropical, este espejo de agua es un lugar de pesca y recreación para las decenas de miles de personas que habitan las 30 aldeas que lo rodean. Además, para los ashanti, el Lago Bosumtwi es un sitio sagrado, donde los muertos llegan para despedirse del dios Twi.

Otro de los cráteres de impacto más impresionantes de la Tierra se encuentra al norte de Chad, en pleno Desierto del Sahara. El Cráter Aorounga mide 17 kilómetros de diámetro y tiene una antigüedad de más de 300 millones de años. Se trata de una formación más grande y mucho más antigua que el Bosumtwi. De hecho, es uno de los más viejos que se conservan en todo el planeta; tan viejo que se trata de una formación extremadamente erosionada, en la que

sólo se distinguen borrosas estructuras anulares y concéntricas. En realidad, todo indica que Aorounga no sería un solo cráter, sino tres. En la imagen de radar tomada en 1994 por la tripulación del transbordador espacial *Endeavour*, podemos ver un posible segundo cráter,

“ Los cráteres de impacto son las formaciones geológicas más comunes de todo el Sistema Solar. Los encontramos en todos los planetas terrestres, en todas las lunas y hasta en asteroides y cometas. ”

NASA.



“  
En la superficie de la Tierra se han identificado casi 200 cráteres, sobrevivientes a los avatares geológicos y climatológicos por ser jóvenes o extremadamente grandes.”

*Cráter Gosses Bluff, en Australia, de 140 millones de años de antigüedad.*

NASA - STS61A-35-86.



*Los lagos Clearwater Oeste (arriba) y Clearwater Este, en Canadá, fueron originados por un doble impacto.*

de tamaño similar al primero, pero con un pico central; y hasta un tercero (el Aorounga Norte), que sería esa marca circular parcial y oscura, hacia la derecha. Las imágenes de radar muestran detalles invisibles en las fotos convencionales, dado que penetran las capas de polvo y arena superficiales. Es muy probable que este cráter triple se haya originado durante un mismo episodio, en el que un cuerpo único se fragmentó en, al menos, tres partes.

**De Australia a Canadá**

En el centro de Australia hay un cráter que no sólo es más grande que los anteriores, sino que, además, está bastante bien conservado a pesar de su gran antigüedad. La foto de la página 40 nos muestra al impresionante Cráter Gosses Bluff, de 24 km de diámetro y 5 km de profundidad (sin el relleno posterior de sedimentos). Se formó hace 140 millones de años por el impacto de un asteroide de 1 a 2 km. Aunque muestra evidentes signos de desgaste y alteración, esta maravilla aún mantiene una clara silueta circular, con bordes elevados y bien definidos. Los expertos coinciden en que Gosses Bluff es uno de los cráteres de impacto más notables de la Tierra: grande, nítido e impresionante.

En un rango de tamaño similar al Gosses Bluff, ahora nos encontramos con dos antiquísimos cráteres hermanos, en Quebec, Canadá. Son dos fosas circulares, originadas por un doble impacto, ocu-



NASA-USGS.

*Kara-Kul, el cráter de impacto más alto de la Tierra, en Tajikistán.*

rrido hace unos 290 millones de años. Se encuentran disfrazados de grandes charcos helados: el Lago Clearwater Oeste y el Lago Clearwater Este, de 32 y 22 kilómetros de diámetro, respectivamente. Un detalle, por demás curioso, es ese anillo de islas que afloran de las aguas del mayor, y que seguramente se originaron a partir del rebote de materiales de la corteza terrestre, durante la formación del cráter.

grafías que, entre otras cosas, revelaron uno de los secretos mejor guardados de la Tierra: el Cráter Kara-Kul, situado a casi 4 mil metros de altura, en las Montañas Pamir, en Tajikistán (cerca de la frontera con Afganistán). Es el cráter de impacto más alto del planeta. Una formidable estructura geológica, de forma aproximadamente circular, de 52 km de diámetro, en cuyo interior también se ha formado un lago, aunque no cubre todo el cráter, como en los casos anteriores. El Cráter Kara-Kul es uno de los 15 más grandes del mundo, y se formó hace unos 25 millones de años.

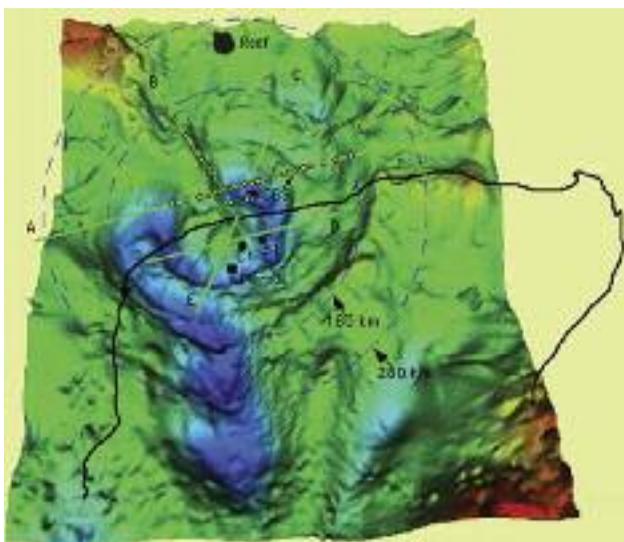
**El cráter de la extinción**

Ahora vamos directamente a los pesos pesados. En la Tierra sólo se han identificado seis cráteres que superan los 100 km de diámetro. De ellos queda poco y nada. En ese lote de prodigios hay uno sumamente especial: el Cráter de Chicxulub,

**El más alto**

En septiembre de 2001, el satélite Landsat 7, de la NASA, tomó una serie de espectaculares foto-

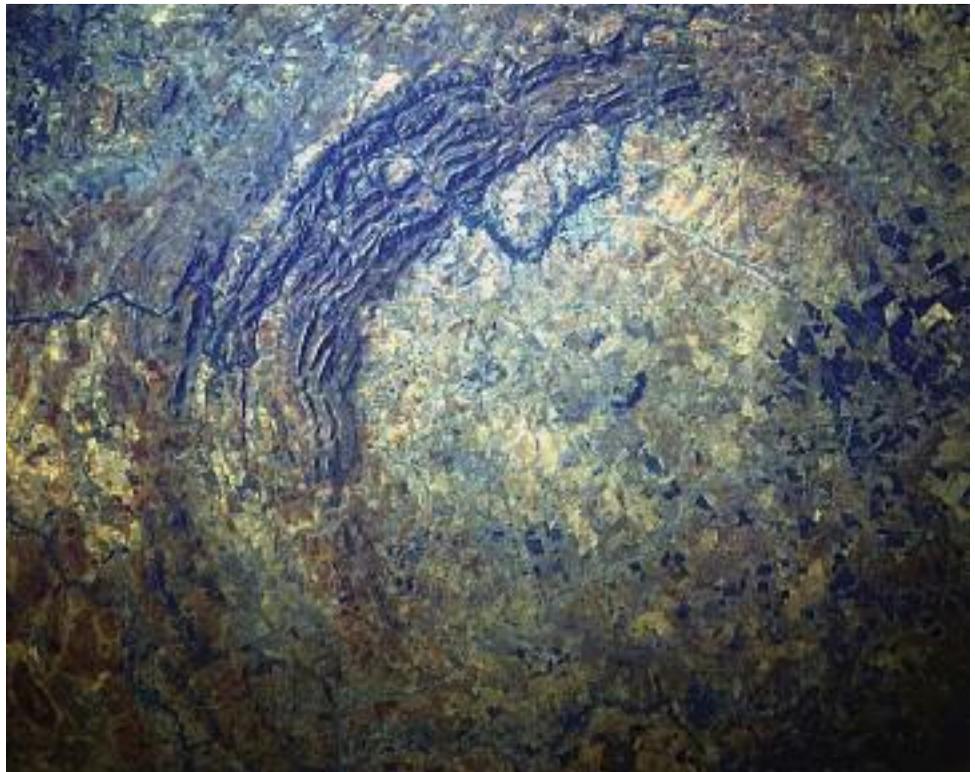
Univ. de Texas, EE.UU., UNAM, México, Geological Survey, Canadá.



*Mapa tridimensional del cráter de Chicxulub realizado en 1996.*

en la Península de Yucatán, México. Con unos 170 km de diámetro, esta compleja fosa de impacto es la tercera más grande del mundo, pero está completamente escondida, tapada por cientos de metros de sedimentos. Una mitad del cráter está debajo del fondo del mar, y la otra, enterrada bajo la propia península. Sin embargo, aún falta lo más interesante: todo indica que es la huella de la terrible colisión de un gran asteroide (de unos 15 km de diámetro), ocurrida hace 65 millones de años. Una catástrofe que, más allá de causar la destrucción completa de la región, tuvo terribles consecuencias a escala planetaria: terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, incendios a miles de kilómetros de distancia, oscurecimiento de la atmósfera y una completa alteración del clima global. Estamos hablando, ni más ni menos, del famoso episodio que probablemente haya tenido mucho que ver con la extinción de los dinosaurios y de cerca del 75% de las especies que, por entonces, habitaban la Tierra (ver el artículo anterior titulado *Extinctum*).

Chicxulub es el nombre de un pueblo de la región y significa, curiosamente, “la cola del diablo”. Su cráter oculto recién fue descubierto en los años '80, gracias a estudios gravimétricos y magnetométricos que delataron una clara anomalía geológica en el subsuelo de Yucatán. Hablando de eso, la imagen de la página 41 no es una foto, ni una vista de radar. Es un “mapa” tridimensional del cráter, realizado por científicos del *Lunar and Planetary Institute*, en Houston, EE.UU., a partir de finas mediciones gravitatorias y magnéticas.



NASA

*Cráter Vredefort, en Sudáfrica, el más grande conocido en la Tierra.*

### Viejos colosos

Los dos cráteres de impacto más grandes de la Tierra son, a la vez, los más antiguos: tienen alrededor de 2 mil millones de años. Lógicamente, poco y nada queda de ellos. La llamada Cuenca de Sudbury, en Ontario, Canadá, es una estructura de impacto altamente deformada por las presiones de la corteza terrestre. De hecho, mide unos 200 km de largo, pero sólo la mitad de ancho.

El Cráter Vredefort, al sur de Johannesburgo, Sudáfrica, es aún más grande: mide casi 300 km. La foto de esta página, tomada por astronautas en órbita terrestre, muestra al mayor cráter del mundo. Si bien está extremadamente erosionado y tapado de sedimentos, este coloso de colosos aún conserva un muy sugerente patrón semicircular, formado por varios anillos concéntricos, o más bien, los arcos

parciales que quedan de ellos.

Hasta aquí llegamos con este recorrido, necesariamente parcial, por algunos de los más impresionantes cráteres del mundo; aquellas cicatrices de viejas heridas que, con absoluta contundencia, nos demuestran que los asuntos de la Tierra y del cielo siempre van de la mano. ■

**1** Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, por ser planetas gaseosos, lógicamente, no han mantenido el registro de los impactos.

**2** La **tectónica de placas** explica la forma en que está estructurada la superficie terrestre y los desplazamientos de esas estructuras (placas). También explica la formación de cadenas montañosas, terremotos, volcanes y las grandes fosas submarinas.

**3** **Subducción:** hundimiento y derretimiento de una placa en el manto terrestre.



EN INTERNET

<http://www.planetario.gob.ar/revista.html>  
[revistaplanetario@buenosaires.gob.ar](mailto:revistaplanetario@buenosaires.gob.ar)

## CRÁTERES DE LA LUNA

## Paisajes viejos y castigados

15 de julio



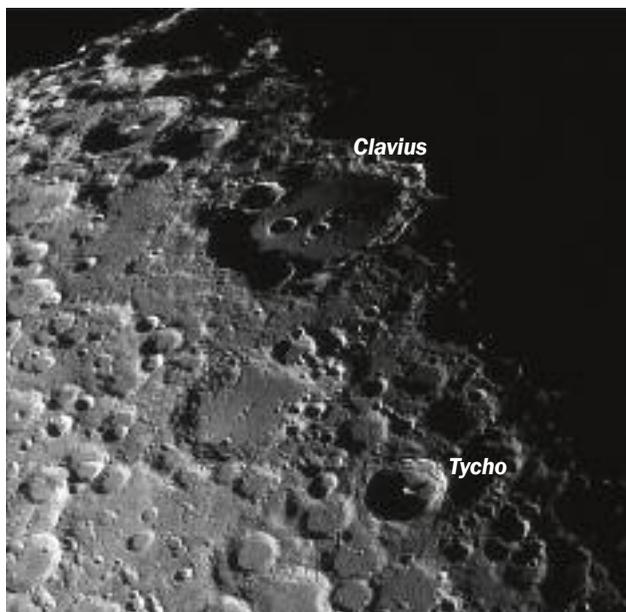
16 de julio



La Luna es el único cuerpo celeste que cambia notablemente de un día para el otro. Las imágenes superiores muestran esa alteración aparente durante dos días se-

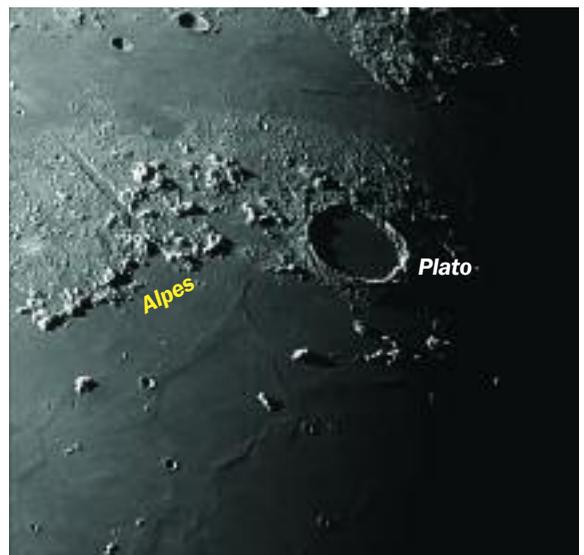
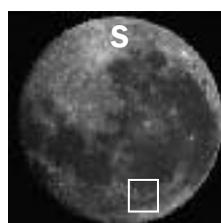
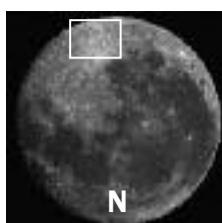
guidos. La observación de la Luna es interesante siempre. Su superficie, al alcance de los instrumentos de los aficionados, está plagada de cráteres, montañas, grietas

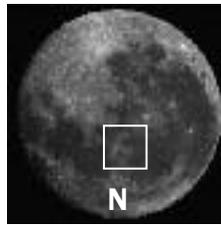
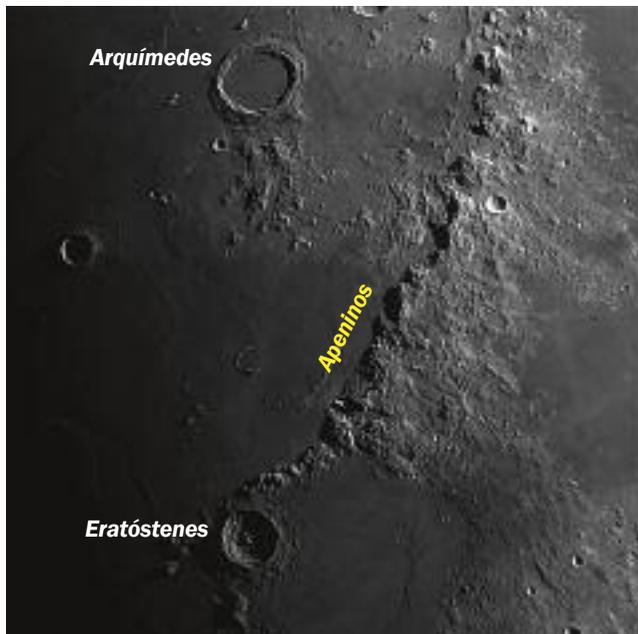
nos llevan a buscar alguna excusa para hablar de la Luna y, especialmente, para disfrutar de sus cráteres y montañas.



y valles. Allí no hay nada que los erosione; ni atmósfera, ni viento, ni agua, ni vida, ni movimientos tectónicos que renueven la superficie. Una vez más, las increíbles imágenes de **Carlos Di Nallo**

El cráter **Clavius**, de 225 km de diámetro, posee un declive tan poco pronunciado que, si estuviéramos en su interior, no nos daríamos cuenta de que estamos dentro de un cráter. Muy cerca, el cráter **Tycho** es uno de los más “jóvenes” (108 millones de años), lo que se demuestra por el sistema de rayos que pueden distinguirse mejor con Luna Llena. Algunos de los pequeños





de más de 100 km de diámetro, que generó el Mare Imbrium y repercutió a miles de kilómetros. Al final de la cadena (abajo), se encuentra el cráter **Eratóstenes**, de 60 km de diámetro; y arriba a la derecha, **Arquímedes**, de 90

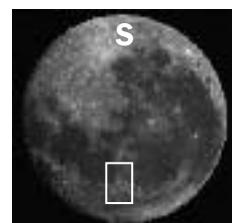
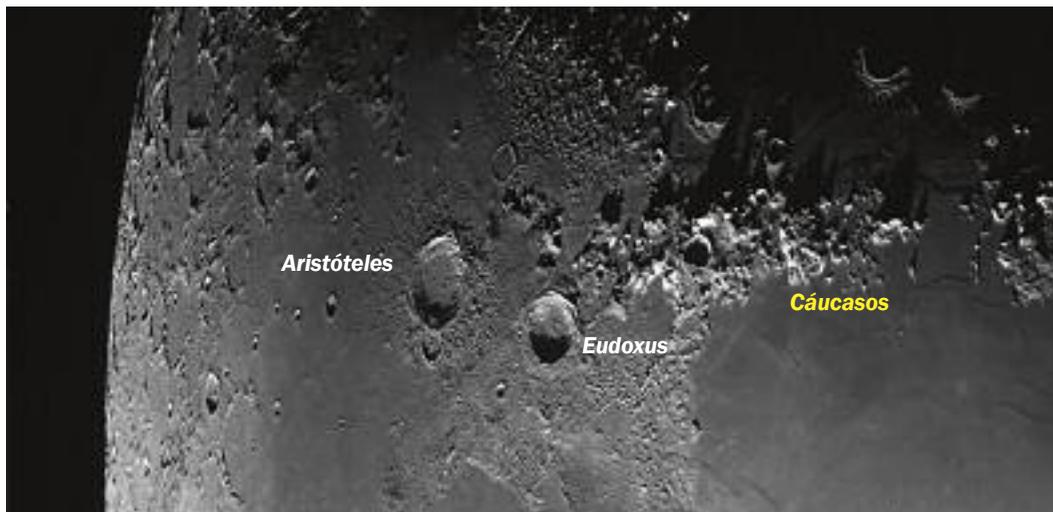
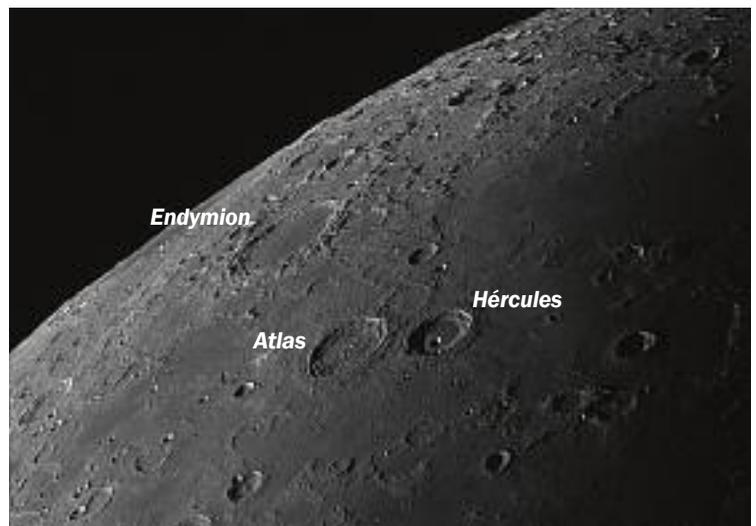
km (borde) noreste de la cara visible de la Luna. Por su ubicación, **Endymion** parece ovalado, como Plato, aunque es circular, de 125 km de diámetro y 2,6 km de profundidad. **Atlas** posee 87 km de diámetro, su interior está agrietado y contiene colinas de hasta 300 metros. Las paredes internas son irregulares y se elevan hasta 3000 metros. **Hércules**, de 69 km de diámetro, es más profundo y posee un suelo plano, ya que fue rellenado de lava luego del impacto que lo produjo. El pequeño cráter que se ve en su interior posee 13 km de diámetro.

Los montes **Cáucacos** son la continuación de la cordillera de los Apeninos. Poseen 550 km de longitud y picos de hasta 5000 metros de altura. Ambas cadenas se formaron al mismo tiempo y por la misma razón. Al norte (izquierda) son visibles dos importantes cráteres: **Eudoxus** (67 km) y **Aristóteles** (87 km). ■

cráteres que hay a su lado son el producto del rebote de escombros producidos después del impacto del objeto que formó a Tycho.

**Plato**, formado hace 3800 millones de años, se destaca por su fondo oscuro y por ser el único cráter grande en la zona de los **Alpes** lunares, la cadena montañosa que se ve a su izquierda y que incluye al **Valle Alpino**. A pesar de la apariencia ovalada de Plato, debido a la perspectiva de la curvatura lunar, es un típico cráter circular de 100 km de diámetro. Los **Apeninos** lunares son una cadena montañosa de 600 km de longitud y alturas que llegan a los 5000 metros. Su forma semicircular se debe a que se elevaron luego del impacto de un asteroide

**Endymion**, **Atlas** y **Hércules** son tres cráteres que se encuentran sobre el termina-



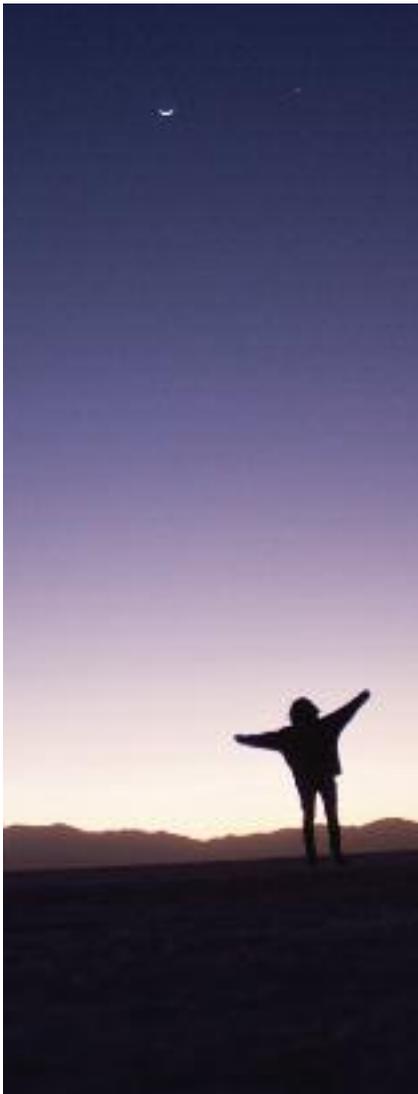
## Visita a AstroJujuy

Nuestro Planetario fue invitado a participar de los Campamentos Estelares organizados por AstroJujuy, el Planetario Móvil de la provincia de Jujuy. Al evento, realizado en el Complejo Eva Perón del dique Los Alisos, concurren más de 60 personas, quienes tuvieron la oportunidad de observar durante toda la noche a través de varios telescopios. AstroJujuy es un proyecto de Oded Kindermann, quien fundó este emprendimiento en San Salvador de Jujuy luego de realizar nuestros cursos en el Planetario de Buenos Aires. Está adherido a la Asociación de Planetarios de América del Sur (APAS) y realiza charlas astronómicas en diferentes centros educativos de la provincia, encuentros de divulgación, capacitación en observación y manejo de telescopios, y talleres de actualización en Astronomía para docentes. Aprovechamos también



esta oportunidad para realizar observaciones desde la Cuesta de Lipán, a 4170 metros de altura, y en las Salinas Gran-

des, donde la oscuridad del cielo hacía olvidar, por momentos, el frío de junio en la montaña. ■



Arriba: campamento astronómico. En el medio: Salinas grandes. Abajo: Cuesta de Lipán.  
Fotos: Carolina Ventiades.



<https://www.facebook.com/espacio.astronomico>



## SOLARIGRAFÍAS

## El Sol en la lata



Resultado final de la solarigrafía.

Desde los orígenes de la fotografía a mediados del siglo XIX, la Astronomía se ha valido de sus técnicas. Por ejemplo, a través de una imagen obtenida con larga exposición (varios segundos, algunos minutos, ¡horas!) se pueden captar detalles en objetos difusos que el ojo humano no registra. Para que esto funcione con resultados cercanos a la perfección, se debe tener la precaución de que la cámara acompañe el movimiento del objeto a fotografiar, compensando la rotación de la Tierra, o que quede fija en un mismo lugar si se desea registrar el movimiento del cielo en su conjunto.

Uno de los principios más básicos de la fotografía puede ser experimentado fácilmente a través de una cámara estenopeica, una cámara fotográfica sin lente que consiste en una caja o una lata fija con un muy pequeño orificio por donde entra la luz, y dentro, una lámina fotosensible, es decir, sensible a la luz.

Con la idea de registrar el recorrido aparente que el Sol realiza en el cielo durante distintos momentos del año, y ante la posibilidad de hacer una fotografía de larga

exposición apuntando a un paisaje determinado, Luciano Gabardi, un alumno de los cursos de nuestro Planetario, logró esta imagen que fue obtenida a lo largo de la primavera de 2012.

“Este método —cuenta Luciano— se llama solarigrafía. Básicamente, es una fotografía estenopeica que registra el movimiento aparente del Sol en la esfera celeste, según la época del año y la latitud. Se pone la lata en un lugar fijo y se la deja días, meses o lo

que uno desee. La lata estuvo colgada de una palmera al borde del lago, pero la base utilizada es el mismísimo planeta Tierra”.

Cada una de las líneas brillantes en la imagen representa el recorrido del Sol en el cielo durante un día, entre el 27 de septiembre y el 28 de noviembre de 2012, apuntando hacia el oeste y registrando los atardeceres por detrás del Planetario. “A medida que pasan los días, las líneas van subiendo, bajando y corriéndose de derecha a izquierda (o viceversa), dependiendo de la época del año —explica Luciano—. Así es como vemos moverse al Sol en estas latitudes. La línea que se encuentra más hacia la derecha corresponde al 27 de septiembre (pocos días después del equinoccio de primavera, cuando el Sol se pone exactamente en el punto cardinal oeste). Día a día el Sol fue trazando líneas hacia la izquierda (o lo que es lo mismo, corridas hacia el sur), cada vez más elevadas en el cielo. El hecho de que cada línea varíe su intensidad de brillo se debe a momentos del día o jornadas enteras donde estuvo nublado, lluvioso o despejado. Como pueden ver, el Sol también reflejó su camino en el lago”. ■





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](http://www.cosentinostore.com.ar)



[www.fundacion Siemens.com.ar](http://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.