

# SI MUOVE

NÚMERO 5 - OTOÑO / INVIERNO 2013



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



**CITROËN**

# SI MUOVE

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

NÚMERO 5 - OTOÑO/INVIERNO 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 - WALTER GERMANÁ - GRACIELA CACACE  
ADRIANA RUIDÍAZ - MARCELA LEPERA  
GUSTAVO BUZAI

**Colaboradores**  
Carlos Di Nallo, Sergio Eguivar, Ezequiel Bellochio, Leonardo Julio, Adriana Fernández, Carla Pandiani, Alejandro Tombolini, Enzo de Bernardini, Rodolfo Ferraiuolo, Germán Savor

**Correctores**  
Walter Germaná, Natalia Joaand

**Agradecimientos**  
Dr. Alejandro Gangui (IAFE/CONICET), Dr. Roberto Guidetti (Univ. de Modena y Reggio Emilia, Italia), Dr. Leonardo González Galli (EAN, Escuela Argentina de Naturalistas), Gabriel Brammer (ESO), John Sarkissian (CSIRO Parkes, Australia), Stephen Leshin (LARI)

**Administración**  
GRACIELA VÁZQUEZ - MARCELA BARBIERI

**Impresión**  
IMPRESA 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



## EDITORIAL

La revista **Si Muove** nació con el propósito de establecer un nuevo vínculo entre ustedes, quienes nos visitan asiduamente, los que aman la Astronomía y las ciencias de la Tierra, y nosotros. Creemos que ese objetivo se está cumpliendo, y trabajamos para mejorarlo y superarlo día a día. Quiero destacar la labor de Diego Hernández y de Alfredo Maestroni, Director Periodístico y Director de Arte respectivamente de la revista. Su dedicación y esmero han llevado a superar ampliamente las expectativas que teníamos en un comienzo. Mis felicitaciones para ellos.

En este primer número de 2013 queremos contarles las últimas novedades de nuestra programación, que se amplía cada año y que representa el trabajo de todo el personal del Planetario. Como parte de nuestra misión, estamos extendiendo nuestra labor educativa a otras ciudades del país. Por eso retomamos el *Planetario Itinerante*, un taller multimedia que recorre las escuelas alejadas de nuestra sede. La participación en la feria de ciencias del Instituto Balseiro de Bariloche nos permitió llegar a escuelas de la periferia de la ciudad rionegrina. El recuerdo de esa experiencia nos anima a querer repetirla en otras ciudades de la Argentina.

Otra actividad que vale la pena resaltar es la producción de espectáculos. En 2012 nos dedicamos a descubrir las posibilidades de los nuevos equipos. En 2013, el gran desafío es producir espectáculos con la nueva tecnología. 45 años generando contenidos es una tradición que no queremos abandonar.

### Lic. Lucía Cristina Sendón

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

**Foto de tapa:**  
cometa Pan-STARRS y radiotelescopio CSIRO Parkes, Australia.  
Copyright autorizado: John Sarkissian (ver página 46).

www.planetario.gob.ar  
revistaplanetario@buenosaires.gob.ar  
**En Facebook:** Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei - oficial



## SUMARIO

4-6 /// El oso espacial. 7-12 /// El Universo a escala. 13-18 /// El barrio galáctico 2013. 19-22 /// La negrura de la noche. 23-27 /// Doblete de verano. 28-30 /// El resplandor Da Vinci. 31-33 /// El mundo a nuestros pies. 34-38 /// El concepto del espacio. 39-40 /// 365 días... y algo más. 41 /// Sale Júpiter, entra Venus. 42-45 /// Galería Astronómica.



## ANIMALES RESISTENTES AL VACÍO EXTERIOR

# El oso espacial

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

Las futuras misiones espaciales tripuladas, la estadía en bases lunares permanentes y las exploraciones planetarias deberán contar con medios que resguarden la salud de los astronautas durante los largos períodos de tiempo que demandarán esos viajes. Por eso, uno de los mayores intereses científicos de las agencias es poner a prueba la respuesta de sistemas biológicos ante las estresantes condiciones que caracterizan a los vuelos espaciales.

La vida en la Tierra acarrea unos 4000 millones de años de evolución. Una serie de factores combinados, como distancia a un sol en lento equilibrio evolutivo, temperatura, existencia de agua líquida en grandes cantidades, composición de la atmósfera, tiempo suficiente para que se desarrollen procesos y cambios, etc., ha hecho posible la vida en nuestro planeta tal como la conocemos. El 90% de las especies que alguna vez hubo, ya se ha extinguido y ha dejado paso a las formas de vida que existen actualmente. De todas ellas, se conocen más de 1.400.000 especies diferentes, y se supone que puede haber más de 10 millones aún por ser descubiertas.

Se han encontrado formas de vida en lugares realmente inhóspitos, como calderas volcánicas, profundidades marinas donde nunca llega la luz del Sol o sitios congelados desde hace millones de años. Pero ninguno de estos lugares extremos para la vida en la Tierra se compara con las inclemencias del espacio exterior, fuera de la protección que brindan la atmósfera y el campo magnético terrestre. Allí, la capacidad de supervivencia de los organismos resulta altamente afectada por los parámetros espaciales: vacío, radiación solar ultravioleta intensa, radiación cósmica, temperaturas extremas y microgravedad (es decir, cuando las fuerzas de gravedad son casi nulas). Ante estas condiciones, las moléculas constituyentes de los seres vivos muestran alteraciones en su estructura como, por ejemplo, un incremento en las muta-



Mission STS-41B / Challenger / NASA, 1984.

Nicole Ottawa & Oliver Meckes / Eye of Science.

ciones (cambios en la estructura del ADN).

### Duro de matar

Para comenzar a comprender y a trabajar en la resistencia y supervivencia de organismos en el espacio, los científicos han encontrado unos aliados involuntarios. Existen seres vivos capaces de sobrevivir frente a un estado de congelamiento, nadando en agua hirviendo, bajo la ausencia absoluta de agua o en el espacio vacío (sin traje espacial, obviamente). Ese socio del silencio es el *Paramacrobiotus richtersi*, nombre científico que se le da a una de

las especies de **ositos de agua** (*water bears*, en inglés); un animal invertebrado microscópico que carece de ojos y mide alrededor de 0,2 milímetros; un **tardígrado extremófilo**<sup>1</sup> que muestra una tolerancia extraordinaria a las altas temperaturas, la disecación, la radiación y la toxicidad. Viven en todo el mundo: en el suelo, entre el musgo y los líquenes, en agua dulce o salada, en zonas urbanas, en las montañas y en los desiertos. Son capaces de soportar altos niveles de deshidratación durante años, y cuando se sumergen nuevamente en agua, “reviven”. Su truco consiste en emplear la **criptobiosis**<sup>2</sup>, un estado en el que la ac-

tividad metabólica se detiene por un tiempo, para luego retomar su dinamismo normal. Es como una “muerte de la que se vuelve”. Ante esas características encontradas en un ser vivo, la tentación fue difícil de resistir: llevar ositos de agua al espacio exterior.

### Animales sueltos

Los tardígrados se han convertido en animales muy útiles para la investigación espacial y la exobiología. En septiembre de 2007 cuatro unidades experimentales fueron alojadas en BIODON 1, un contenedor instalado dentro de la nave rusa FOTON-M3, que despegó desde el cosmódromo de Baikonur, Kazajistán, a bordo de un cohete “lanzador” Soyuz-U, como parte del proyecto TARSE (*Tardigrade Resistance to Space Effects*). Especímenes de tardígrados disecados e hidratados viajaron durante 12 días en una órbita terrestre baja<sup>3</sup>, dando una vuelta a la Tierra cada 90 minutos a una altitud de entre 250 y 290 km.

Los objetivos de esta misión fueron detectar protectores biológicos capaces de estabilizar y mantener vivas las células, y revelar los daños producidos en el ADN debido a la desecación y a las condiciones espaciales. El proyecto fue dividido en cuatro secciones: el experi-



Un tardígrado en actividad normal, otro bajo los efectos de la criptobiosis y una imagen de un huevo.

### Qué son los tardígrados

Son animales invertebrados microscópicos de 200 micrones a 1 mm de longitud. Viven en hábitats terrestres de todas las latitudes, longitudes y altitudes. Tienen un cuerpo cilíndrico cubierto por una cutícula quitinosa, que debe ser mudada periódicamente para permitir el crecimiento del organismo. Poseen una cabeza seguida de cuatro segmentos, cada uno con un par de patas con garras en sus extremidades. A pesar de su tamaño, tienen una organización interna compleja similar a la de los animales más grandes. Comen plantas, hongos, microalgas, protozoos e invertebrados pequeños.

Cuando no están en el agua, los tardígrados terrestres (los hay también netamente acuáticos) necesitan de todos modos una capa de agua para realizar sus funciones elementales. Si se quedan sin agua, entran en un letargo que puede durar años, para luego retomar su actividad normal al entrar en contacto nuevamente con el agua.

La **criptobiosis**, un estado que suspende los procesos metabólicos a un nivel indetectable, es inducida por diferentes factores ambientales: desecación (anhidrobiosis), congelamiento (criobiosis), soluciones salinas altamente concentradas (osmobiosis) y ausencia de oxígeno (anoxibiosis). Consiste en una pérdida del agua corporal hasta valores inferiores al 1%. El animal vivirá en ese estado mientras las condiciones desfavorables permanezcan y, llegado el momento, necesitará tan sólo unas horas para rehidratarse y seguir con su actividad normalmente.

Los tardígrados anhidrobióticos disecados toleran temperaturas desde 151 °C hasta -272 °C (un grado más que el cero absoluto), exposición a químicos, vacío, presión alta y exposiciones extremas a rayos X, rayos Gamma, iones pesados y radiación ultravioleta.

“**Se han encontrado formas de vida en lugares realmente inhóspitos, como calderas volcánicas, profundidades marinas donde nunca llega la luz del Sol o sitios congelados desde hace millones de años. Pero ninguno de estos sitios extremos para la vida en la Tierra se compara con las inclemencias del espacio exterior.**”

mento F1 utilizó tardígrados disecados naturalmente; el F2, especímenes disecados en el laboratorio bajo condiciones controladas; el F3 contenía tardígrados hidratados (activos) con una fuente de alimento; y el F4, no tenía alimento.

En junio de 2012 se dio a conocer un trabajo en conjunto entre la Agencia Espacial Italiana y la Agencia Europea (ESA), que había utilizado la misión STS-134 del Transbordador estadounidense *Endeavour*, para llevar a cabo nuevos experimentos. Uno de ellos, el TARDIKISS (*Tardigrades in Space*), analizó los efectos del estrés producido por los vuelos espaciales en los tardígrados, estudió sus mecanismos de defensa y de reparación

del ADN, y buscó profundizar los estudios anteriores. Los resultados obtenidos fueron similares en ambas misiones.

### ¡Viven!

Para evaluar la supervivencia de los tardígrados activos se tuvieron en cuenta sus movimientos coordinados, y los resultados fueron más que alentadores. La exposición por períodos cortos a la microgravedad y la radiación no afectaron la integridad de su ADN. Además, durante la misión los tardígrados mudaron su cutícula y las hembras pusieron huevos, varios de los cuales eclosionaron sin inconvenientes. Los recién nacidos mostraron

una morfología y un comportamiento normal.

La mayor cantidad de sobrevivientes fue encontrada en los experimentos F1, F2 y F4. Tanto los tardígrados hidratados como los disecados pudieron resistir el estrés impuesto por el ambiente espacial. En cambio, cuando los especímenes disecados fueron expuestos a la radiación solar fuera de la nave, la supervivencia fue muy baja.

Los tardígrados expuestos únicamente al vacío no presentaron ninguna alteración. Los que fueron enfrentados a la radiación ultravioleta tardaron 30 minutos en recuperarse y, posteriormente, su mortalidad fue alta. Los más afectados fueron los expuestos a la radiación ionizante, aunque increíblemente también hubo supervivientes.

En los especímenes F4 (hidratados) no se encontraron daños visibles debido a la radiación en su ADN. Para explicar este resultado los científicos formularon dos hipótesis. La primera indicaría que la radiación fue tan baja que resultó ser incapaz de dañar el ADN. La segunda, que el daño al ADN fue reparado por los animales activos. Se cree que esta habilidad no habría que buscarla en facultades especiales y desconocidas de su ADN, sino en una capacidad de reparación increíblemente eficaz. La facultad

para reparar daños en el ADN provocados por la radiación o por disecación ha sido demostrada en otros metazoos y en bacterias, por lo que no sorprendería que los tardígrados también fueran capaces de hacerlo.

Por otro lado, estos experimentos permitieron descubrir radiaciones solares que llegan a la zona de la órbita terrestre baja, que pueden producir daños dramáticos en la salud de los astronautas y en los instrumentos.

Los próximos pasos serán el diseño y la producción de contenedores para realizar experimentos activos con tardígrados hidratados en el espacio abierto, fuera de la nave. El conocimiento profundo del daño que puede ejercer la radiación cósmica será fundamental para encarar misiones tripuladas de largos períodos, planeadas para un futuro cercano. El uso de tardígrados en la investigación espacial será relevante, no sólo para conocer mejor la increíble capacidad natural que tienen para soportar las condiciones más extremas, sino también para favorecer el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la preservación biológica. Será el puntapié inicial para que la humanidad, quizás, dentro de medio siglo, pueda comenzar a programar sus viajes a otros planetas. ■

**1 y 2** Ver recuadro: **Qué son los tardígrados.**

**3** Una órbita terrestre baja (*Low-Earth Orbit*) es la que siguen la Estación Espacial Internacional y muchos otros satélites, entre los 200 y los 2000 km de la superficie. Se encuentra entre la atmósfera de la Tierra y los cinturones de radiación donde se concentran las partículas cargadas.

### Fuentes y referencias

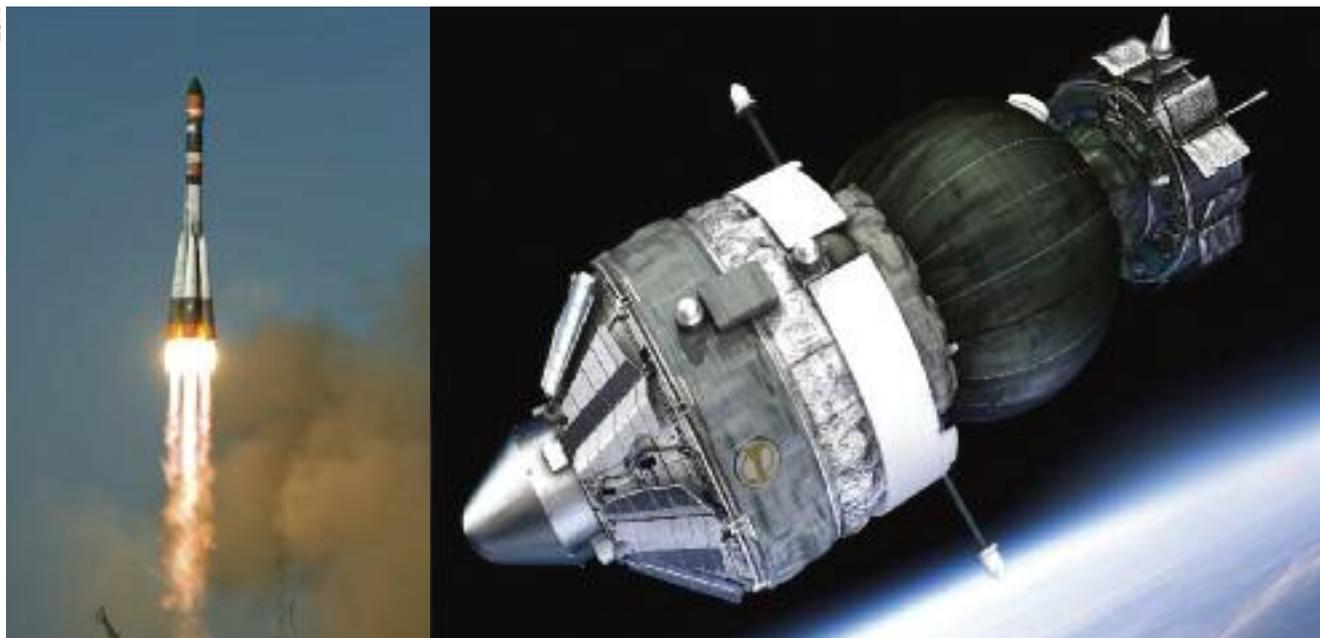
*What can we learn from the toughest animals of the Earth? Water Bears (tardigrades) as multicellular model organisms in order to perform scientific preparations for lunar exploration.* Planetary and Space Science. Roberto Guidetti y Lorena Rebecchi, Departamento de Biología, Universidad de Módena y Reggio Emilia, Italia. Ángela María Rizzo, Departamento de Ciencias Moleculares Aplicadas a Biosistemas, Universidad de Milán, Italia. Tiziana Altiero, Departamento de Educación y Ciencias Humanas, Universidad de Módena y Reggio Emilia, Italia. (2012).

*BIOKIS: A Model Payload for Multidisciplinary Experiments in Microgravity.* M Vukich, P. Luigi Ganga, D. Cavalieri, L. Rizzetto, D. Rivero, S. Pollastri, S. Mugnai, S. Mancuso et al. (2011).

*Resistance of the anhydrobiotic eutardigrade *Paramacrobiotus richtersi* to space flight (LIFE-TARSE mission on FOTON-M3).* L. Rebecchi, R. Guidetti et al. (2010).

*Tardigrade Resistance to Space Effects: First Results of Experiments on the LIFE-TARSE Mission on FOTON-M3.* L. Rebecchi, R. Guidetti et al. (2007).

ESA



Despegue del cohete “lanzador” Soyuz-U desde Baikonur, Kazajistán, y la nave rusa FOTON-M3, que llevó al espacio a los tardígrados experimentales.

PARA INTENTAR ENTENDER SU INMENSIDAD

# El Universo a escala

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

Hasta hace apenas unos siglos, la humanidad creía vivir en un Universo extremadamente modesto. Allí, la Tierra era el centro y a su alrededor giraban el Sol, la Luna y unos pocos planetas; y más allá, una cáscara esférica de estrellas "fijas". Eso era todo. A mediados del siglo XVI Copérnico puso al Sol en su lugar. Sin embargo, los astrónomos continuaron manejándose con un pequeño Universo de unos pocos cientos de millones de kilómetros de diámetro. En la actualidad el problema es exactamente inverso: tenemos un Universo demasiado grande, que está en plena expansión desde sus orígenes, hace casi 14 mil millones de años. Asimilar las verdaderas proporciones del Cosmos parece una tarea sin sentido. Sin embargo, podemos intentar jugar con un Universo a escala. Así, tal vez, podamos paladear parte de su inmensidad.



Cúmulo de galaxias en la constelación del Pavo. (IC 4765). Sergio Eguívar.

**N**uestro primer paso en esta escala será reducir el diámetro de la Tierra (12.756 km) unas mil millones de veces. Es una medida muy drástica, pero como iremos viendo más adelante, no queda más remedio. Así, nuestro planeta pasaría a ser una bolita de un centímetro.

Entonces, la Luna (3476 km) tendría un diámetro de tres milímetros y se ubicaría a 30 centímetros de distancia (que representan a los casi 400 mil kilómetros que realmente separan al planeta de su satélite). Es sólo el comienzo, porque lo que sigue será mucho más impresionante. Nuestra próxima estación es el Sol. A par-

tir de ahora, a caminar, porque nuestra estrella está 400 veces más lejos que la Luna. Si la "bolita Tierra" (de 1 cm) estuviese en una esquina, tendríamos que llegar hasta la otra esquina para encontrarnos con **el Sol** (de casi 1.400.000 kilómetros de diámetro), que aquí sería **una bola de un metro de diámetro**. A nuestra escala, esa



Saturno. Imagen de la sonda Cassini / NASA-ESA.

**ESCALA DEL SISTEMA SOLAR  
REDUCIDO 1000 MILLONES DE VECES**

- Sol:** 1 metro de diámetro
- Tierra:** 1 cm a 100 m del Sol
- Luna:** 3 mm a 30 cm de la Tierra
- Mercurio:** 4 mm
- Venus:** 9 mm
- Marte:** 6 mm
- Asteroides:** menores a granos de arena
- Júpiter:** un pomelo
- Saturno:** una naranja, a 10 cuabras del Sol
- Urano:** una nuez
- Neptuno:** otra nuez
- Planetas enanos del Cinturón de Kuiper:** 2 mm en promedio, a más de 40 cuabras del Sol.
- Diámetro del Sistema Solar:** 100 cuabras.

cuabras. Y no olvidemos: el Sol tendría un metro de diámetro, y la Tierra, un centímetro.

cuadra (y cada una de las que sigan) equivale a los 150 millones de kilómetros reales que nos separan del Sol. En el camino, por supuesto, nos encontraríamos con Venus (de 9 mm) y Mercurio (de 4 mm), a decenas de metros de nosotros, y entre sí. Esa cuadra sólo representaría el radio de la órbita terrestre, porque la órbita completa ocuparía un área similar a la de cuatro manzanas (dos por dos). La cosa va tomando color: sólo para representar razonablemente la escala del sistema Tierra-Sol haría falta una plaza grande, con una bola de un metro en el centro y una bolita de un centímetro deambulando por los bordes.

**Caminando por el Sistema Solar**

Sigamos caminando por la avenida astronómica, pero esta vez vamos para el otro lado. Salimos de la esquina donde está la Tierra, cruzamos la calle y casi a la media cuadra nos estará esperando Marte, una rojiza bolita de seis milímetros (su diámetro real es de casi 7000 kilómetros). Pasamos de largo, llegamos a la siguiente esquina y cruzamos: tenga cuidado y mire para todos lados, porque justo por esa calle están pasando montones de asteroides desordenados, la mayoría de ellos del tamaño de un grano de arena, e incluso, menos. Es el famoso y superpoblado Cinturón de Asteroides.

Después de andar otras tres cuabras, sin encontrar nada más que alguno que otro ín-

fimo rastro de polvo interplanetario, o en el mejor de los casos, un cometa vagabundo, llegamos a la esquina donde está Júpiter (143.000 kilómetros de diámetro), representado por un pomelo. Estamos a cuatro cuabras de la Tierra, pero para llegar a Saturno, algo más chico que Júpiter, habrá que hacer cinco cuabras más. Vale la pena, porque el gran planeta anillado es uno de los espectáculos más increíbles de la naturaleza. Ya estamos a 10 cuabras del Sol y a nueve de la Tierra.

La próxima estación, mucho más lejos, es Urano, otras 10 cuabras siguiendo por la misma avenida; y desde allí, 12 más para llegar hasta Neptuno. A nuestra escala, ambos mundos gaseosos y azulados tienen el tamaño de una nuez.

Ya caminamos más de media hora a buen paso. ¿Falta mucho para Plutón? Otras diez cuabras: la helada esferita de dos milímetros de diámetro recién aparece a 40 cuabras del Sol. Algunos de sus incontables vecinos del Cinturón de Kuiper (ese inmenso anillo de cuerpos congelados que rodea al Sol, marcando una suerte de frontera) se ubican bastante más allá.

De esta manera, el diámetro de nuestro modelo del Sistema Solar sería de unas 100

**La escala estelar**

Las distancias dentro del barrio solar están en el orden de los cientos y miles de millones de kilómetros, y son lo suficientemente “chicas” como para poder reducir las a escalas urbanas. Sin embargo, el panorama comienza a complicarse cuando nos introducimos en el medio interestelar. Ya no podremos seguir caminando, y la única variante será volar con la imaginación.

Veamos por qué: la estrella más cercana al Sol, el sistema triple de Alfa del Centauro, está unas seis mil veces más lejos que Plutón. Son más de 40.000.000.000.000 (40 millones de millones) de kilómetros de espacio casi vacío. Una distancia que la luz, viajando a 300 mil kilómetros por segundo, tarda



El “viejo” modelo del Sistema Solar, que no es muy claro porque no respeta las escalas.



Concepto más moderno del Sistema Solar, con los tamaños de los planetas a escala. Aunque aquí también es imposible representar sus distancias.

IAU. 2006.

cuatro años en recorrer. Por eso se dice que Alfa del Centauro está a cuatro años luz de nuestro Sistema Solar.

Si mantuviésemos la escala anterior, aquella bola de un metro que representa al Sol estaría a unos 30 mil kilómetros de Alfa del Centauro, que estaría representada por dos bolas similares más una tercera, bastante más chica, girando en torno al par.

Semejante modelo sería imposible de materializar en la superficie terrestre, porque no existen dos puntos en nuestro planeta que estén separados por semejante distancia (haciendo el trayecto más corto, se entiende). Así que, para llegar a un esquema más comprensible, vamos a achicar todo 1000 veces: **ahora el Sol medirá un milímetro**, Plutón (cien veces más chico que un grano de arena) estaría a 4,3 metros de él, y Alfa del Centauro, a 30 kilómetros.

Detengámonos un momento a pensarlo: ambas estrellas serían dos puntitos separados por 30 mil metros. Y eso es apenas un atisbo de lo que vendrá. Sirio, la estrella más brillante del cielo, sería otro puntito, ligeramente más grande, separado del Sol por una laguna de espacio de 60 kilómetros (equivalentes a los casi 9 años luz reales). La fabulosa Betelgeuse, una de las

estrellas más grandes de la galaxia, sería una pelota playera a 4000 kilómetros (la distancia que hay entre la Capital Federal y Quito, Ecuador), y Rigel, a 6000 kilómetros, sería una pelota de tenis (ubicada en el Polo Sur). Miles de kilómetros donde, muy de tanto en tanto, encontraríamos algunas “bolitas” estelares más y migajas de polvo y gas interestelar. Sólo eso. Así son las cosas en el medio interestelar, donde las estrellas (y qué decir de los planetas) no son más que muy esporádicas salpicaduras de materia. A pesar de haber comprimido el Sol a un milímetro, y los años luz a kilómetros, los números empiezan a escaparse una vez más. Para seguir adentrándonos en las profundidades de la galaxia en la que vivimos tendremos que hacer otro ajuste.

“ Si el Sol fuera un puntito de un milímetro, Alfa del Centauro sería otro puntito igual y estaría a 30 km. Betelgeuse estaría en Quito, Ecuador, y Rigel, en el Polo Sur. ”

*Si el Sol midiera 1 m, Alfa Centauri se encontraría a 30.000 km.*



Carlos Di Nallo.

# “

En una nueva escala, la Vía Láctea sería similar a la provincia de Buenos Aires, y el Sol, una mota de polvo entre 400 mil millones de “motas-estrellas”.

# ”

### Achicando la galaxia

Vamos a achicar todo 1000 veces más. Ahora el Sol medirá una milésima de milímetro, cien veces menos que un grano de arena. Así, Plutón estará a 4 milímetros de nuestra estrella, Alfa del Centauro a 30 metros y Rigel, a 6 kilómetros. Con esta reducción de la escala podemos empezar a sondear con más comodidad la enormidad de la Vía Láctea.

La famosa Nebulosa de Orión nos quedaría a 10 kilómetros (que equivaldrían a los 1500 años luz reales). El cúmulo globular Omega del Centauro, un monstruo esférico que reúne a 5 millones de soles, aparecería diez veces más lejos. Y el corazón de la Vía Láctea, esa metrópoli donde se amontona la mitad de la población estelar de la galaxia y que esconde un súper agujero negro, distaría de nosotros unos 200 kilómetros.

Entonces, si el Sol fuese una partícula de polvo (en realidad, menos que eso) situada en el centro de la Capital Federal, el núcleo galáctico, en torno del cual gira, estaría en Montevideo. A esta misma escala, toda la Vía Láctea (con sus 100 mil años luz de diámetro) sería apenas un poco más grande que la provincia de Buenos Aires, y el Sol, una mota de polvo entre 400 mil millones de “motas-estrellas”.

### Vecindario galáctico

Hasta hace poco más de un siglo, la mayoría de los astrónomos creía que la Vía Láctea era todo el Universo. Si así fuera, aquí se terminaría nuestro viaje. Pero no



Carlos Di Nallo.

*Si achicamos la escala y el Sol midiera 1 mm y se encontrara en Buenos Aires, Betelgeuse estaría en Quito, y Rigel, en el Polo Sur.*

es así: tal como descubrieron Edwin Hubble y otros científicos durante la década de 1920, el Cosmos es un mar de miles de millones de galaxias, separadas por lagunas de espacio prácticamente vacío. Y por si fuera poco, está en constante expansión.

Si insistiéramos con la escala anterior, no llegaríamos a ninguna representación mentalmente asimilable de la macroestructura cósmica. La única forma de continuar es achicar todo un millón de veces.

Ahora, aquella **Vía Láctea** que tenía el tamaño de la provincia de Buenos Aires **será un disco de apenas un metro de diámetro**. A menos de 2 metros aparecerían sus dos pequeñas (comparativamente hablando, claro) galaxias satélites, la Nube Mayor y Menor de Magallanes. Mirando en dirección exactamente contraria, y casi a 30 metros de distancia, nos encontraríamos con Andrómeda, la hermana mayor de la Vía Láctea.

Todas estas islas estelares forman parte del llamado Grupo Local de galaxias (ver siguiente artículo) que, en total, cuenta con más de 70 integrantes. Según la misma escala, todas entrarían en el volumen de un pequeño estadio de fútbol. Como vemos, en términos comparativos, las distancias entre las galaxias son mucho más chicas que las que separan a las estrellas: en un cúmulo de galaxias, la distancia entre cada miembro y el otro es, en promedio, de unas diez veces el



Gabriel Brammer, ESO, Paranal, Chile.

*A la derecha, la Vía Láctea (de 1 m de diámetro) y las Nubes de Magallanes (a 2 m de distancia). Arriba, la galaxia de Andrómeda estaría a casi 30 m de distancia.*



diámetro de una galaxia. En cambio, la distancia promedio entre dos estrellas es de 100 millones de veces el diámetro de una estrella. Sea como fuere, lo que salta a la vista, una vez más, es que la mayor parte del espacio está brutalmente vacía.

**Fronteras cósmicas**

El cúmulo del Grupo Local es apenas uno más entre los millones y millones

que pueblan el Universo. Si seguimos con los parámetros anteriores, a 600 metros de nuestra vecindad galáctica se encontrará el gran Cúmulo de Virgo, una agrupación de dos mil galaxias. Si viajamos diez o doce veces más lejos, a 6 kilómetros de aquel pequeño estadio que contiene a la Vía Láctea y sus compañeras, llegamos al Cúmulo de Hércules. En el Universo verdadero, esta fabulosa población de miles de galaxias está a unos 700 millones de años luz de nosotros, lo

Sergio Eguívar.



*Parte del cúmulo de galaxias de Virgo. Si seguimos con la escala de esta página, se encontraría a 600 metros del Grupo Local.*

“ Si la Vía Láctea midiera 1 metro de diámetro, todo el Grupo Local de galaxias entraría en un pequeño estadio de fútbol. ”

## En avión por el Cosmos

Hay otra manera de asimilar las dimensiones del Universo, al menos, del Universo cercano. Esta vez no utilizaremos medidas de espacio sino de tiempo: nos subiremos a un avión imaginario y saldremos de la Tierra para recorrer, a 1000 kilómetros por hora, las distancias interplanetarias e interestelares. A primera vista parece una buena velocidad, pero astronómicamente hablando es una miseria. De hecho, sólo para llegar a la Luna tardaríamos 16 días. Y eso es lo más cercano que tenemos. Un viaje a Marte nos llevaría algo más de 6 años; hasta el Sol, 17; y a Júpiter, 70 años (toda una vida en el avión). No habría persona capaz de llegar viva hasta Saturno en este avión, porque el trayecto de más de mil millones de kilómetros nos tomaría 130 años. Y una excursión hasta Plutón: 660 años. Pero cuando el avión quisiera emprender un viaje interes-

telar, esos míseros 1000 km/hora sólo servirían para llegar hasta Alfa del Centauro en 4 millones de años, el mismo tiempo que nos separa de los primeros homínidos africanos. El arribo al famoso cúmulo estelar de las Pléyades demoraría casi 400 millones de años. Habría que viajar en avión 6000 millones de años hasta la Nebulosa del Cangrejo, esa gigantesca nube de gases en rápida expansión, producto de una explosión de supernova observada, aquí en la Tierra, en el año 1054. Eso es más tiempo que la edad del Sistema Solar (unos 5 mil millones de años). Por último, si quisiéramos llegar al centro de la Vía Láctea, ubicado a 30 mil años luz de nosotros, necesitaríamos unos 30 mil millones de años. ¡Dos veces la edad del Universo! Y cosmológicamente hablando, sería ir hasta aquí nomás.

### Viajando por el Universo, a 1000 km/h

- A la Luna: 16 días**
- A Marte: 6 años**
- Al Sol: 17 años**
- A Júpiter: 70 años**
- A Saturno: 130 años**
- A Plutón: 660 años**
- A Alfa del Centauro: 4.000.000 de años**
- A las Pléyades: 400.000.000 de años**
- A la Nebulosa Cangrejo (M 1): 6.000.000.000 de años**
- Al centro de la Vía Láctea: 30.000.000.000 de años**



que significa que la luz de aquellas islas de estrellas que hoy está llegando a los telescopios terrestres salió de allí antes de que en la Tierra se produjera la gran explosión biológica del período Cámbrico. Podríamos seguir sondeando al Cosmos bastante más allá. Los límites del Universo observable se ubican a unos 13 mil millones de años luz de la Tierra (y lo de “observable” no es un detalle menor porque, en realidad, es mucho más grande que eso). Si llevamos al límite de la practicidad nuestra escala galáctica, podría-

mos decir que esos “bordes” —que físicamente no son tales— estarían a 130 kilómetros, mirando en todas direcciones, desde aquella Vía Láctea de 1 metro de diámetro (una relación de 1/130.000). Si hacemos un último esfuerzo de simplificación, eso equivaldría a una moneda de cinco centavos rodeada por una extensión de espacio de 10 cuabras en todas direcciones. Así de perdida está nuestra galaxia en el mapa universal. A esta altura, inevitablemente surge otra cuestión: la dimensión temporal del

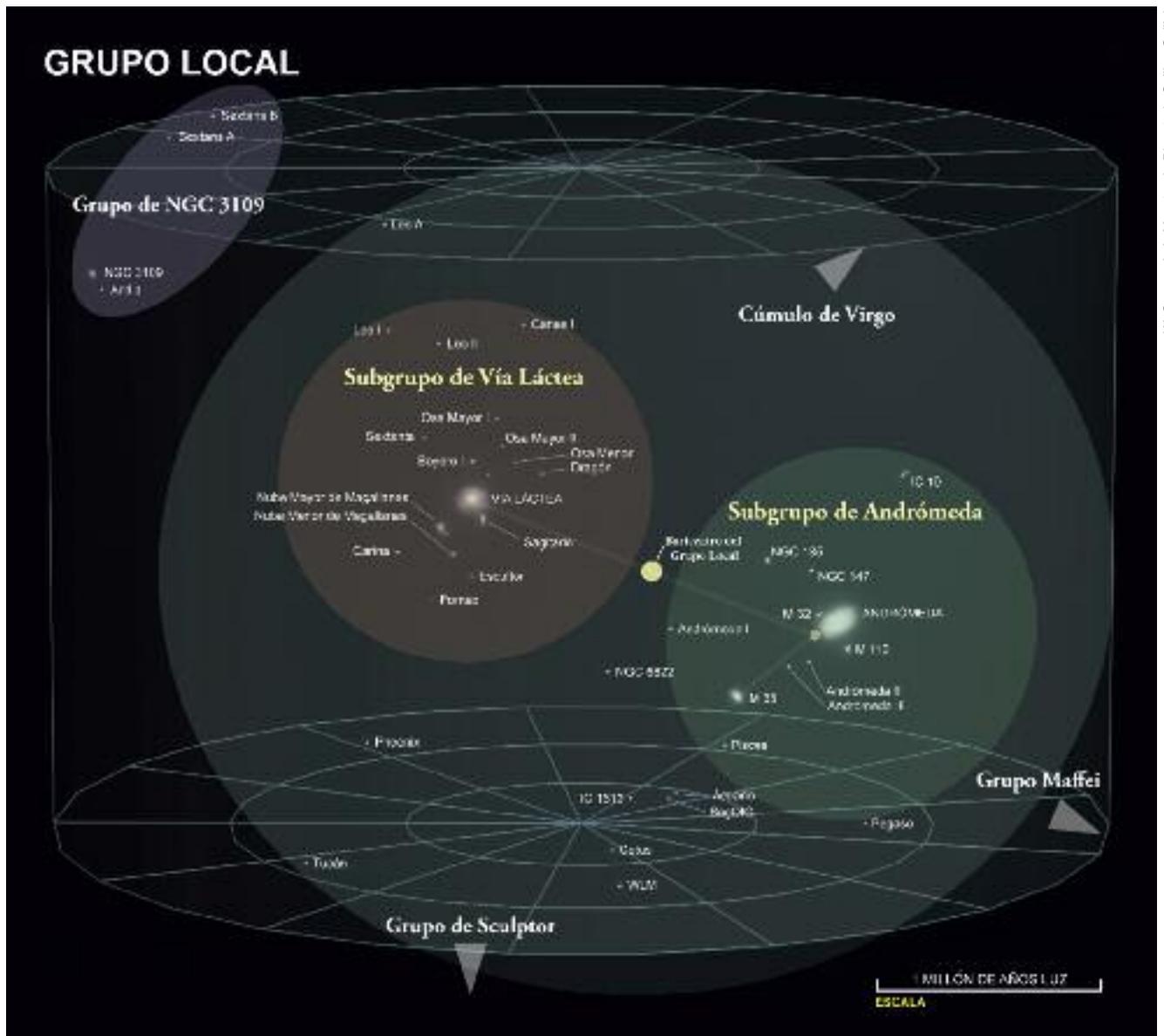
Universo, un aspecto intelectualmente tan provocativo como su dimensión espacial. Pensemos que en ese mar de tiempo que ha transcurrido desde el *Big Bang* (el “estallido” que dio origen a todo lo que hoy existe), nuestras vidas no son más que un fugaz parpadeo. Pero ésa ya es otra historia. Mientras tanto, hasta aquí llegamos en este viaje extraordinario. Al fin de cuentas, nos hemos asomado conceptualmente al vértigo de los abismos cósmicos, la máxima expresión espacial de la existencia. ■

## LA VÍA LÁCTEA Y SUS VECINOS

# El barrio galáctico 2013

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

La Vía Láctea no está sola en el espacio que la rodea. Pertenecen a una enorme y variada familia conocida como Grupo Local, en el que, hasta el momento, se han descubierto más de 70 galaxias. Éste, a su vez, se divide en dos subgrupos principales, y todo el conjunto pertenece a una estructura mucho mayor, llamada Supercúmulo de Virgo. Todo esto no es un producto acabado, sino que las interacciones gravitatorias van transformando paulatinamente las estructuras que hoy conocemos.



W. Germaná, A. Maestroni - Planetario Galileo Galilei.

*El Grupo Local. Esquema general del grupo galáctico en el que vivimos. Aquí se encuentra demarcada, en forma aproximada, el área de influencia correspondiente a cada uno de los dos subgrupos principales que dominan la región. También aparecen las galaxias principales y sus satélites más destacados.*

**E**l Universo en su conjunto, así como también sus ladrillos fundamentales a nivel doméstico, los cúmulos y supercúmulos de galaxias, se encuentran sujetos a constantes cambios. Estas superestructuras están conformadas por cientos o miles de galaxias. Las galaxias más grandes “devoran” a las más pequeñas. Otras colisionan entre sí y dan lugar al nacimiento de nuevas y gigantescas mega galaxias. La materia tiende a concentrarse localmente, pero las nuevas mega galaxias se aislarán en forma cada vez más marcada y para siempre. Nuestra Vía Láctea no es un producto acabado. De alguna manera, estamos asistiendo a la conformación de nuestra propia galaxia.

### El Grupo Local

Así como los planetas orbitan en torno a las estrellas y éstas, a su vez, tienen compañeras o forman cúmulos, la gravedad tiende a mantener unidas a las galaxias y a formar con ellas gigantescos conglomerados. Nuestro “barrio galáctico”, el **Grupo Local**, un conjunto de varias decenas de galaxias, forma parte, a su vez, de una enorme ciudad galáctica: el **Supercúmulo de Virgo**. Esta gran estructura contiene unos 2000 miembros, repartidos en algunas decenas de grupos galácticos como nuestro “barrio”. No sólo no somos ya el centro del Universo, ni del Sistema Solar, ni de nuestra galaxia. Ahora, además, sabemos que vivimos en los suburbios de una gran ciudad galáctica, una entre tantas otras.

Nuestro “barrio” abarca un espacio aproximado de 10 millones de años luz de diámetro y, hasta el momento, se han descubierto allí más de 70 galaxias. Está dominado por dos subgrupos bastante bien demarcados: el conformado por la Vía



Stephen Leshin, Sedona Stargazer Observatory, con Dr. Dreite Hunter, LARI (Lowell Amateur Research Initiative).

Láctea y sus satélites, y un gigantesco sistema galáctico doble, encabezado por dos grandes estructuras, la galaxia de Andrómeda (M 31) como gran protagonista, y la galaxia del Triángulo (M 33). A ellas se les suma también una enorme cantidad de galaxias satélites más pequeñas.

Finalmente, existen otros componentes demasiado alejados de esos subgrupos, que forman parte del “barrio” y que también orbitan en torno al **baricentro del Grupo Local**, el eje de todo este complejo juego de interrelaciones gravitacionales, que se ubica a dos tercios de la distancia que separa a la Vía Láctea de Andrómeda.

### Radiografía de los habitantes del “barrio”

Para comenzar, debemos hablar de galaxias espirales gigantes y barradas, como nuestra Vía Láctea y Andrómeda, objetos de gran porte con poblaciones estelares bien diferenciadas entre sus brazos y sus núcleos. Seguiremos con una galaxia espiral más pequeña y convencional, pero muy rica en materia prima (gas y polvo interestelar): M 33.

Les siguen en jerarquía dos grandes galaxias irregulares, denominadas Nube Mayor y

Nube Menor de Magallanes, que contienen enormes cantidades de gas, polvo y estrellas jóvenes y masivas, y también poblaciones estelares en diferentes etapas evolutivas y cúmulos globulares<sup>1</sup> viejos.

A partir de aquí hablaremos únicamente de galaxias enanas. Existen galaxias irregulares un poco más pequeñas, como NGC 6822 o IC 10, que se encuentran en medio de grandes períodos de formación estelar. IC 10 pertenece a una clase denominada *Starburst*: galaxias sometidas a violentos períodos de formación estelar que pueden durar unos diez millones de años o más, con tasas de formación decenas de veces superiores a las de las galaxias convencionales.

También hay galaxias de tipo esferoidal, entre las que puede desplegarse un abanico bastante variado. La mayoría son esferoidales normales que pueden contener poblaciones jóvenes de estrellas, aunque allí se ha detenido la formación estelar. Responden a procesos de colapsos gravitatorios abruptos, donde la mayoría de sus estrellas parece haberse formado al mismo tiempo. Se trata de galaxias muy cercanas al cuerpo principal de la Vía Láctea o de Andrómeda, en cuyos procesos de forma-



Adriana Fernández.



Leonardo Julio.

ción han intervenido campos gravitatorios muy poderosos. Por esta razón, la edad de las poblaciones estelares en estas galaxias está ligada al momento de su formación. A su vez, sus gases remanentes y parte de sus estrellas también han sido, son o serán algún día absorbidos por estas grandes galaxias, lo que puede evidenciarse muchas veces en forma de colas de marea, es decir, corrientes de estrellas, gas y polvo. De todas maneras, muchas de estas pequeñas galaxias conservan aún bastante materia prima, que no es utilizada, aparentemente, en el corto lapso en que nos toca observarlas. Eso no significa que la formación estelar no continúe a pequeña escala, aunque no contengan grandes nebulosas rosadas<sup>2</sup>. Para formar estrellas no sólo hay que tener con qué, sino también contar con las condiciones adecuadas en el medio circundante.

Las galaxias enanas irregulares, al igual que sus hermanas mayores, contienen poblaciones claramente jóvenes y mucha materia prima. Existen también otras en una aparente transición, entre jóvenes irregulares y esferoidales, que están pasando por períodos repentinos de formación estelar y que posteriormente se apagan, como la galaxia enana de Píscis LGS 3, en el subgrupo de Andrómeda, o la enana de Phoenix.

Por último, encontramos a las galaxias elípticas enanas, astros que al igual que sus

hermanas mayores (las gigantes elípticas), cuentan con poblaciones estelares claramente ancianas y no poseen materia prima para futuros alumbramientos estelares. Como es de esperar, también existen transiciones entre enanas esferoidales con poblaciones viejas y galaxias elípticas. Se trata de galaxias con estrellas viejas y con poco gas y polvo remanentes, que lentamente se van “secando”.

Una nueva tipología, representada por objetos intermedios como los llamados *ultra-compact-dwarf galaxy* (UCD) o galaxias enanas ultra compactas, suele clasificarse, por su forma, como galaxias enanas esferoidales, aunque poseen tamaños de unos pocos cientos de años luz de diámetro. Éstas marcan un puente entre las galaxias enanas y los grandes cúmulos globulares. Muchas de las galaxias enanas esferoidales satélites de la Vía Láctea pertenecen a esta última tipología.

### La Vía Láctea... y algo más

El subgrupo de Vía Láctea es un complejo compuesto por una galaxia principal, la Vía Láctea, y unos 27 satélites descubiertos (al cierre de esta edición). La nuestra es una galaxia espiral gigante, con una barra que cruza su núcleo. Técnicamente, es una **galaxia espiral barrada**. Mide 120.000 años luz de diámetro y está conformada por entre 200.000 y 400.000 millones de soles. Además de su cuerpo

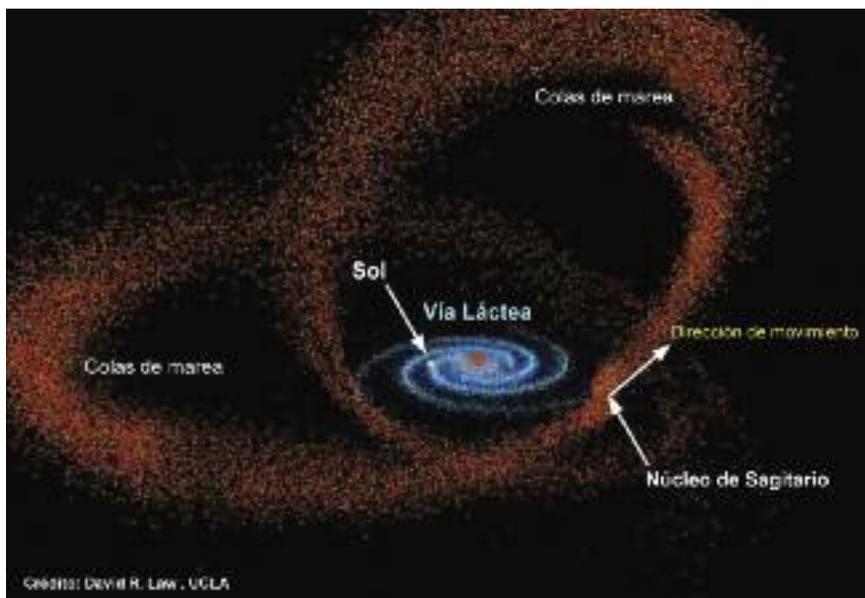
principal, formado por el núcleo o bulbo (de 20.000 años luz de espesor) y una serie de brazos espirales (que en sus extremos pueden tener sólo 1000 o 1500 años luz de espesor), existe una región que lo envuelve todo, denominada **Halo Galáctico**.

Según se cree, el Halo Galáctico es una región esférica que se extiende cientos de miles de años luz alrededor del cuerpo principal de la galaxia, donde se encuentra confinada gran cantidad de materia. Esta materia está compuesta por corrientes de estrellas, grandes nubes de hidrógeno a diferente temperatura que se mueven a distintas velocidades, y cúmulos globulares. Allí, todo interactúa gravitatoriamente entre sí y con nuestra galaxia.

Pero hay algo más: los astrónomos creen que esta materia sería sólo una pequeña fracción de la masa a considerar. La **materia oscura**, tanto en el halo de nuestra galaxia como en el Universo en general, tendría un papel preponderante. Según los últimos estudios del satélite WMAP (que avalan décadas de estudios previos), este tipo de materia sería varias veces superior en cantidad a la materia visible. La necesidad de la existencia de la materia oscura está dada por la incongruencia existente entre la velocidad a la que se mueven las galaxias y la cantidad de materia correspondiente a las observaciones visuales. Si la materia oscura no existiese, las galaxias y los cúmulos deberían desgarrarse, dada la escasa materia que poseen en relación a la alta velocidad a la que se mueven; la Vía Láctea no tendría gravedad suficiente para mantenerse armada, o las estrellas de su periferia no se moverían a velocidades tan rápidas, como si estuviesen más cerca del núcleo. Hoy en día, la hipótesis más aceptada sobre su composición es la conocida como materia oscura fría, formada por **WIMPs** (partículas masivas de interacción débil)<sup>3</sup>.

### Los satélites de la Vía Láctea

Las dos principales galaxias satélites de la Vía Láctea son la Nube Mayor y la Nube Menor de Magallanes. A ellas se suman unas 25 galaxias enanas, fundamentalmente de tipo esferoidal, la mayoría de sólo unos miles de años luz de diámetro y con unos pocos cientos de millones de estrellas.



*Distribución espacial de las principales colas de marea (girones de gas y estrellas) pertenecientes a la Galaxia Enana de Sagitario, que se encuentran dispersas en los alrededores del cuerpo principal de la Vía Láctea.*

Christ Schur.



*Las Nubes de Magallanes, dos galaxias satélites de la Vía Láctea, son fácilmente visibles a simple vista desde cielos oscuros en el hemisferio sur.*

Un comportamiento típico de las galaxias, que se evidencia claramente en este subgrupo, es el denominado **canibalismo galáctico**: galaxias más grandes incorporan a otras más pequeñas. El primero de los dos casos a analizar lo encontramos con el más cercano de los satélites del subgrupo: la galaxia **Enana de Can Mayor**, descubierta en 2003. Su parte principal se ubica a sólo 40.000 años luz del centro galáctico y a 25.000 años luz del Sistema Solar. Gran parte de ella ha sido ya devorada por nuestra galaxia, y sus restos orbitan en forma casi paralela al plano galáctico. Dado el polvo interestelar que obstruye la visual en torno a los brazos espirales de la Vía Láctea, la Enana de Can Mayor fue encontrada mediante observaciones en longitud de onda infrarroja. Así se pudo detectar su presencia como una corriente de estrellas viejas desconectada del cuerpo de la Vía Láctea.

El segundo satélite más cercano y, a la vez, víctima de las fuerzas de marea gravitatoria de nuestra galaxia, es la **Enana Esferoidal de Sagitario**, descubierta en 1994. Su órbita y su posición son perpendiculares al plano de la Vía Láctea. Su cuerpo principal se ubica a unos 80.000 años luz de nosotros y a más de 50.000 del núcleo galáctico. La pequeña distancia que la separa del cuerpo principal de la Vía Láctea

hace que esté en constante disolución. El estudio de corrientes de estrellas aparentemente inconexas pudo determinar, en 1996, la existencia de la hoy llamada Corriente Sudoeste de Sagitario. En 2001 se identificó una nueva corriente, definida como Corriente del Norte. Hoy sabemos que esta marea de estrellas forma un arco que envuelve al halo externo de la Vía Láctea, con diferentes derivaciones. Estos ejemplos, junto con corrientes de estrellas aparentemente aisladas y corrientes de marea pertenecientes a otras galaxias cercanas, como las Nubes de Magallanes, refuerzan la teoría cosmológica que propone que las grandes galaxias, al menos en parte, se forman o alcanzan su volumen final por la incorporación de galaxias más pequeñas.

### Las Nubes de Magallanes

Son los dos únicos satélites de porte considerable dentro del subgrupo. Se trata de dos galaxias jóvenes de tipo irregular. La **Nube Mayor**, a 164.000 años luz de nosotros, es la cuarta galaxia en tamaño de todo el Grupo Local. Posee una barra bien definida que cruza su núcleo y una estructura en forma de disco. Mide 25.000 años luz de diámetro y tiene unos 15.000 millones de soles. Se han observado en ella más de 1600 cúmulos estela-

res abiertos y más de 30 globulares. Es rica en estrellas jóvenes y supergigantes. Aquí se encuentran muchas de las estrellas más grandes y masivas que se conocen, algunas de las cuales rozan los límites máximos posibles de masa.

La **Nube Menor de Magallanes**, a 210.000 años luz de nosotros, tiene forma aún más irregular. Si bien cuenta también con una barra en su centro, no presenta una clara estructura de disco como su compañera. Es más pequeña, con cerca de 15.000 años luz de diámetro y 5000 millones de estrellas. Posee numerosos cúmulos abiertos y varios globulares.

Quizás, ambas galaxias pudieron haber sido modestas espirales barradas alguna vez, si nuestra enorme Vía Láctea y sus efectos de marea gravitatoria no hubieran existido. En ambas existen enormes cantidades de materia prima: gas y polvo interestelar, con una tasa de formación estelar muy superior a la existente en los brazos de la Vía Láctea. El ejemplo más claro y concreto lo tenemos en **30 Doradus** o **Nebulosa Tarántula**, en la Nube Mayor, una impresionante fábrica estelar con medio millón de masas solares y cerca de 1000 años luz de diámetro. En su centro existe un increíble cúmulo estelar con cerca de 100.000 estrellas, denominado **R 136**. En la Nube Menor se destaca también la nebulosa **N 66**.

### Satélites menores de la Vía Láctea

La galaxia **Enana Esferoidal Leo I** es el más alejado de sus satélites y uno de los más destacados, ubicado casi en el límite de lo que se puede considerar el subgrupo de Vía Láctea, a 900.000 años luz. Mide 3000 años luz de diámetro, posee 100 millones de estrellas y contaría con un importante halo de materia oscura a su alrededor.

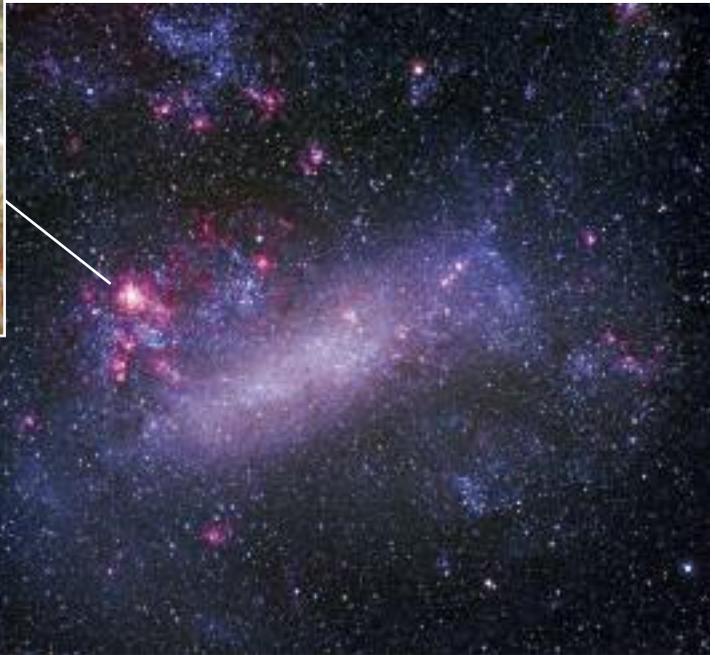
Algo más grande es la **Enana Esferoidal de Fornax**, a 500.000 años luz, que se destaca por tener seis cúmulos globulares catalogados. Más cercana aún, a 360.000 años luz, está la **Enana Esferoidal de Carina**, notablemente más pequeña que la anterior y uno de los miembros más antiguos del Grupo Local, con más de 13.000 millones de años de edad. También cabe citar a las **Enanas Esferoidales de Sextante, del Dragón y del Escultor**, todas situadas entre 350.000 y 200.000 años luz de la Vía Láctea.

En las últimas dos décadas, gracias a programas de búsqueda como el *Sloan Digital Sky*

*La Nube Mayor de Magallanes (derecha) contiene en su interior la Nebulosa Tarántula. En su centro se encuentra un cúmulo con 100.000 estrellas, denominado R 136 (izquierda).*



NASA / ESA.



Sergio Eguivar.

*Survey* (SDSS)<sup>4</sup>, se ha dado una verdadera revolución en el descubrimiento de nuevos satélites, muchos de los cuales son verdaderamente pequeños y entran en la categoría UCD (galaxias enanas ultra compactas). Entre estos podemos citar a las enanas esferoidales Boötes II y III, o a los objetos conocidos como Segue I y Segue II, entre otros. Además, se han encontrado recientemente “sistemas galácticos dobles”, como las pequeñas Leo IV y Leo V, ubicadas a 500.000 años luz del Sol. Leo V es “casi” considerado un cúmulo globular que orbita a Leo IV, una galaxia formada por pocas estrellas y mucha materia oscura.

### Subgrupo de Andrómeda

Es un sistema galáctico gigantesco, dominado por una gran galaxia espiral, Andrómeda, la más grande del Grupo Local; y otra espiral más pequeña, M 33. Andrómeda y su vecina cercana conforman una suerte de mega sistema galáctico doble, al cual acompañan más de 30 satélites menores. Al igual que en el subgrupo de Vía Láctea, la amplia mayoría son galaxias enanas, aunque algunas son un poco más grandes y responden a una mayor diversidad morfológica.

Tenemos una galaxia elíptica clásica (M 32), tres elípticas/esferoidales en aparente transición, una enana irregular/esferoidal, una enana irregular (IC 10) y una gran cantidad de enanas esferoidales más pequeñas y convencionales.

**Andrómeda** es una galaxia espiral barrada gigante muy masiva, de 260.000 años luz de diámetro, más de 400 mil millones de soles y un agujero negro<sup>5</sup> en su parte central de unos 140 millones de masas solares. Se ubica a 2,5 millones de años luz de nosotros y tiene incontables cúmulos estelares abiertos y más de 500 cúmulos globulares, entre los que se destaca G1, el

más grande, brillante y, tal vez, el más antiguo que se conoce en el Grupo Local.

La **galaxia del Triángulo (M 33)** es una espiral más convencional y joven, mide unos 60.000 años luz de diámetro y está compuesta por 40.000 millones de estrellas. Se encuentra a 750.000 años luz de Andrómeda y a 3 millones de años luz de la Vía Láctea. Lo más destacado en ella son sus increíbles regiones de formación estelar, como **NGC 604**, de 1300 años luz de diámetro, poblada por cientos de estrellas jóvenes supergigantes, cada una de ellas de varias decenas de masas solares. Es, tal vez, la nebulosa más grande del Grupo Local. El único satélite atribuido a M 33 sería una enana esferoidal denominada Andrómeda XXII.

### Los satélites de Andrómeda

Entre los más de 30 satélites de este subgrupo se destacan claramente las galaxias denominadas **M 32** y **M 110**, las más cercanas a Andrómeda. La primera es una típica galaxia elíptica, muy compacta y brillante. Tiene unos 5000 millones de estrellas y 8000 años luz de diámetro. Su núcleo es muy denso y masivo, con cerca de 100 millones de masas solares (comparable al de la propia Andrómeda). Por sus características, se piensa que debió haber sido una galaxia elíptica mucho más grande, que habría perdido la mayor parte de sus estrellas y todos sus cúmulos globulares en uno o

más encuentros con su galaxia principal. Su población estelar es muy antigua y no le queda gas suficiente para formar nuevas estrellas.

Por su parte, M 110 es una galaxia esferoidal en transición. Cuenta con 15.000 años luz de diámetro en su eje mayor y también con unos 5000 millones de soles, pero distribuidos de diferente manera. Además, posee regiones de hidrógeno molecular donde sí existe formación estelar.

Entre el resto de los satélites debemos resaltar a **NGC 147**, una galaxia de 10.000 años luz de diámetro; y a **NGC 185**, un tanto más pequeña. Ambas son enanas elípticas también en transición y conformarían, a su vez, un par unido gravitatoriamente. Tampoco puede dejar de nombrarse a la gran enana irregular IC 10, con 5000 años luz de diámetro e inmersa en un proceso abrupto de formación estelar. El resto de los satélites, salvo por la denominada LGS 3, la enana de Piscis (galaxia irregular en transición), son enanas esferoidales que rondan los pocos miles de años luz de extensión. Entre las más grandes se pueden destacar **Andrómeda III** (de 3000 años luz de diámetro) y **Andrómeda I** (de 2000 años luz de diámetro).

### Galaxias “libres” del Grupo Local

Por afuera de los dos grandes subgrupos podemos destacar algunos astros dema-



Simulación de la futura colisión entre Andrómeda y la Vía Láctea.

### Andrómeda vs. Vía Láctea

Las dos grandes protagonistas de esta pequeña parte del Universo, a pesar de compartir rasgos comunes, son un tanto distintas. Si bien Andrómeda es más grande, parece ser menos masiva que la Vía Láctea, ya que la cantidad de materia oscura existente en el halo de nuestra galaxia sería bastante superior<sup>6</sup>. A su vez, estudios radioastronómicos<sup>7</sup> en M 31 muestran que tendría diez veces menos gas frío y oscuro<sup>8</sup> que nuestra galaxia. Esto indicaría que M 31 fue mucho más efectiva en la formación estelar hace algunos miles de millones de años, y que habría agotado ya gran parte de su materia prima.

siado alejados o ubicados en los límites del Grupo Local, que orbitan igualmente en torno al baricentro común. Son las galaxias irregulares **NGC 6822** (de 7000 años luz de diámetro), **IC 1613** y **WLM** (ambas de 10.000 años luz). Además, encontramos a las enanas esferoidales de **Tucán** y **Cetus**, las enanas irregulares **Leo A** y de **Sagitario** (o **SagDig**; no confundirla con la enana esferoidal, satélite de la Vía Láctea), y las irregulares en transición de **Acuario**, **Phoenix**, **Pegaso** y **Leo T**.

#### Mirando un poco más allá

Los límites entre los grupos de galaxias no son formales. Existe una suerte de puente de materia que conecta al Grupo Local con su vecino más próximo: el **Grupo del Escultor**, en dirección a la constelación de *Sculptor*. Este puente está conformado por un subgrupo de transición de unos pocos miembros, dominado por la galaxia irregular NGC 55, situada en los límites del Grupo Local, a unos 6 millones de años luz de nosotros. Durante mucho tiempo se creyó que NGC 55 pertenecía gravitatoria-

mente al Grupo Local.

La parte central del Grupo del Escultor está dominada por la gran galaxia espiral NGC 253, conocida por su aspecto como la Moneda de Plata, de dimensiones similares a la Vía Láctea, y se destacan también galaxias espirales medianas, como NGC 300 o NGC 247.

Existe otro pequeño subgrupo más aislado, incomparable a todas las estructuras hasta aquí descriptas en tamaño, masa y número de miembros. Es el encabezado por la galaxia irregular NGC 3109, ubicado apenas por fuera del Grupo Local, a más de 4 millones de años luz de nosotros.

#### El destino del Grupo Local

La misma fuerza de gravedad que agrupa a este conspicuo conjunto de galaxias es la responsable de los procesos de canibalismo y colisiones galácticas. Dentro de unos 4000 millones de años, la Vía Láctea colisionará con Andrómeda. El encuentro de ambas estructuras será, en realidad, una gran fusión que dará como resultante una nueva mega galaxia, seguramente de forma elíptica. M 33, arras-

trada por Andrómeda, quedará probablemente desgarrada o deformada, hasta que finalmente se una a toda la estructura. También existe una pequeña posibilidad de que M 33 “impacte” primero a la Vía Láctea. Las galaxias enanas que sobrevivan a este evento orbitarán alrededor de este nuevo coloso galáctico, que algún día, finalmente, también se las “tragará”. Todo este espectáculo cosmológico que suena tan grandilocuente no es, en realidad, más que el resultado de procesos habituales en el Universo, que nos ayudan a apuntalar y a confirmar las teorías cosmológicas actuales, y así avanzar en el conocimiento de su funcionamiento como un todo. ■

**1** Los cúmulos globulares son estructuras formadas por decenas o cientos de miles de estrellas. Miden decenas o cientos de años luz de diámetro y orbitan al núcleo galáctico en un radio que puede alcanzar hasta los 300.000 años luz. La mayor parte de ellos y las estrellas que los conforman son tan antiguas como nuestra galaxia.

**2** Son las denominadas regiones HII, que contienen gas a alta temperatura y estrellas jóvenes en su interior, que “encienden” el gas circundante con su radiación ultravioleta.

**3** Existen también teorías que intentan explicar el funcionamiento del Universo sin tener en cuenta la materia oscura ni la energía oscura. La variable más conocida es la Dinámica Newtoniana Modificada (MOND), propuesta por Mordehai Milgrom en 1983.

**4** Es uno de los estudios más ambiciosos e influyentes en la historia de la Astronomía. Desde hace una década crea mapas tridimensionales que contienen más de 930.000 galaxias y quásares, y ha obtenido imágenes que abarcan más de una cuarta parte del cielo.

**5** La Vía Láctea también posee el suyo, pero de dimensiones menores al de Andrómeda.

**6** El halo galáctico de M 31 tiene cerca de 1 billón de masas solares, contra 1,9 billones del de nuestra galaxia (data: Evans y Wilkinson, 2000).

**7** Mediciones del radiotelescopio IRAM, Pico Veleta, Granada, y del Instituto Max Planck para Radioastronomía (MPIfR), ESA. 2007.

**8** Hidrógeno molecular o regiones HI (nubes oscuras de absorción).

#### Fuentes principales:

*The observed properties of dwarf galaxies in and around the Local Group*, *The Astronomical Journal*, Alan W. McConnachie, 2012.  
*An Atlas of the Universe*, Richard Powell, 2006.

¿POR QUÉ LA NOCHE ES OSCURA?

# La negrura de la noche

Por Dr. Guillermo Abramson, Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro.  
www.guillermoabramson.blogspot.com



Guillermo Abramson.

Virgilio describe el descenso de Eneas y la Sibila al Infierno con este verso insuperado<sup>1</sup>:

*“Ibant obscuri sola sub nocte per umbram”.*

Es decir: “Iban oscuros bajo la solitaria noche, a través de las sombras”.

**Q**ué construcción rara, ¿no? Hay una transposición de adjetivos. Lo natural sería decir: Iban solitarios bajo la noche oscura. De algún modo la descripción gana intensidad poética de esta manera. La libertad que da el latín para el orden de las palabras, poniendo “*sola*” delante de “*sub*” y junto a “*obscuri*”, refuerza el efecto.

Este comienzo clasicista es apenas una excusa para hablar, justamente, sobre la oscuridad de la noche. ¿Por qué la noche es oscura? Parece una trivialidad, pero no es del todo obvio que el cielo nocturno deba ser oscuro. Se suele llamar **paradoja de Olbers** a esta cuestión.

Lleva el nombre de Heinrich Olbers, médico alemán de principios del siglo XIX y astrónomo aficionado de gran influencia en su tiempo.

La paradoja dice lo siguiente: si el universo fuera infinito, eterno y lleno uniformemente de estrellas, entonces el cielo nocturno no podría ser oscuro. En cualquier dirección que mirásemos, nuestra línea visual, más tarde o más temprano, encontraría la superficie de una estrella. Así que vendría luz de **todas** las direcciones. Es como cuando estamos en un bosque denso y en todas direcciones vemos troncos de árboles; más lejos o más cerca, pero lo único que vemos es corteza. Entonces, ¿por qué la noche es oscura?

## Más allá del horizonte

Tal como ocurre en las demostraciones matemáticas por reducción al absurdo, la respuesta viene por el lado de las suposiciones: o bien el universo no es infinito, o no tiene infinitas estrellas, o no es eterno, o las estrellas no están distribuidas uniformemente. Pero, a diferencia de la matemática, la verdad hay que encontrarla en el mundo real, no en la lógica del razonamiento.

Curiosamente, la respuesta hoy aceptada por la cosmología fue anticipada por Edgar Allan Poe. Sí, el escritor norteamericano, más famoso (con justicia) por sus cuentos de misterio y horror que por su afición a la ciencia, lo explica así en su obra *Eureka*:

Guillermo Abramson.



*Un bosque de lengas tapizado de amancays en el valle del Challhuaco, cerca de Bariloche, sirve para representar la paradoja de Olbers.*

“La única manera por la cual podemos comprender los vacíos que muestran nuestros telescopios en innumerables direcciones, sería suponiendo que la distancia al fondo invisible sea tan inmensa que ningún rayo de luz proveniente de allí nos ha alcanzado todavía”.



*Edgard Allan Poe.*

Es una explicación sorprendente para el siglo XIX, porque implica la existencia de un universo dinámico, con una espe-

cie de horizonte más allá del cual no podemos ver. Este horizonte existe porque la luz se propaga a una velocidad limitada: la luz que viene de más allá del horizonte **no ha tenido tiempo** de llegar hasta nosotros. El universo, parece decir Poe, podría no ser eterno. Podría tener un origen.

**Galaxias, galaxias hasta donde alcanza la vista**

El siglo XX vio convertirse esta especulación literaria en una teoría científica: el universo se originó en un instante lejano en el tiempo, medido actualmente con gran exactitud; y efectivamente hay un horizonte más allá del cual no podemos ver. Es la teoría que popularmente se llama *Big Bang*. Una de las imágenes más famosas tomadas por el Telescopio Espacial Hubble es el *Ultra Deep Field*: una foto de un millón de segundos de exposición, en la que se ven galaxias apenas más próximas a nosotros que este horizonte. El pedacito del *Ultra Deep Field* que vemos en la **página 21** ilustra el fenómeno. Abarca más o menos el ancho de un pelo sostenido con el brazo extendido. Cada manchita de luz es una galaxia, con sus cientos de miles de millones de estrellas. Cada vez más lejos, más lejos, y entre galaxia y galaxia: nada.

El horizonte. *La oscuridad de la noche.*

El lector atento no podrá dejar de sospechar que aquí se esconde otra paradoja. Detrás de todas las estrellas, detrás de todas las galaxias, ¿no deberíamos ver el resplandor del *Big Bang*? Debería haber una “luz más antigua posible”, la que viniese del momento en que el universo se volvió transparente. Al principio la temperatura era tan alta que no existían átomos sino un plasma, un gas eléctrico supercaliente de protones y electrones, a través del cual la luz no podía propagarse. Pero al expandirse y enfriarse el plasma se formaron los átomos de hidrógeno, y la luz viajó libremente por el espacio. La temperatura era en ese momento todavía muy alta, miles de grados, similar a la de la superficie de una estrella. Ese resplandor, acaso, ¿no debería llenar todo el espacio? ¿Por qué no vemos un fondo brillante, en lugar de oscuro? ¿Por qué la noche es oscura? ¿Eh, Poe?

**Unos fotones bien añejos**

La razón es que el universo siguió expandiéndose, y la expansión del espacio produjo un estiramiento de la longitud de onda de la luz que llamamos corrimiento al rojo, o *redshift*, en inglés. Hoy, esos mismos fotones, que están viajando desde hace 13 mil millones de años, están tan estirados que los vemos en la región de las microondas en lugar del ultravioleta. Representan una temperatura de 270 grados bajo cero: es la ne-grura del cielo nocturno. ¿Y las otras posibilidades? ¿No podría darse el caso de que las estrellas no estén distribuidas uniformemente? Si las estrellas tuviesen una distribución muy heterogénea, por ejemplo, organizadas en forma jerárquica, con acumulaciones y vacíos de todos los tamaños, podrían quedar direcciones sin iluminar. El propio John Herschel<sup>2</sup> sugirió esta idea en el siglo XIX. Hoy en día, una distribu-

ción de este tipo se llama *fractal*, y se caracteriza por una dimensión geométrica que no es un número entero.

Ciertamente las estrellas de nuestra galaxia *no están* distribuidas uniformemente. ¿Qué pasa con la distribución de las galaxias? Tampoco es uniforme, sino que forma una especie de espuma de una escala gigantesca. En la **página 22** vemos una parte de esta estructura revelada por el *Sloan Digital Sky Survey*, uno de los *surveys* (relevamientos de todo el cielo) más ambiciosos de la historia de la Astronomía y fuente de los mejores mapas tridimensionales del universo. El descubrimiento de esta organización a gran escala de la materia es una de las piezas claves de la cosmología moderna, comparable a los descubrimientos de la expansión del universo y del fondo cósmico de microondas. Y resulta que si la distribución de estrellas (o galaxias) tuviese una dimensión fractal menor que 2, entonces podría haber un fondo oscuro aún en un universo infinito y eterno.

Curiosamente, la mejor evidencia observacional apunta justamente en esta dirección. La distribución de galaxias obedece a una forma fractal que, de acuerdo a las mejores mediciones<sup>3</sup>, tiene una dimensión *aproximadamente 2*.

*Pequeño recorte del Hubble Ultra Deep Field. El ancho de esta imagen es aproximadamente el de un pelo sostenido con el brazo extendido.*

*Cada manchita en este pedacito increíblemente pequeño de cielo es una galaxia entera, cada una con sus centenares de miles de millones de estrellas. La foto completa abarca más o menos 1 mm<sup>2</sup> a la distancia de un brazo extendido, y contiene unas 10 mil galaxias. Extiendan una birrome al cielo y con la bolita estarán eclipsando la luz de diez mil galaxias. Este recorte representa una centésima parte de la imagen completa. (Imagen del Telescopio Espacial Hubble, NASA/ESA/STScI).*

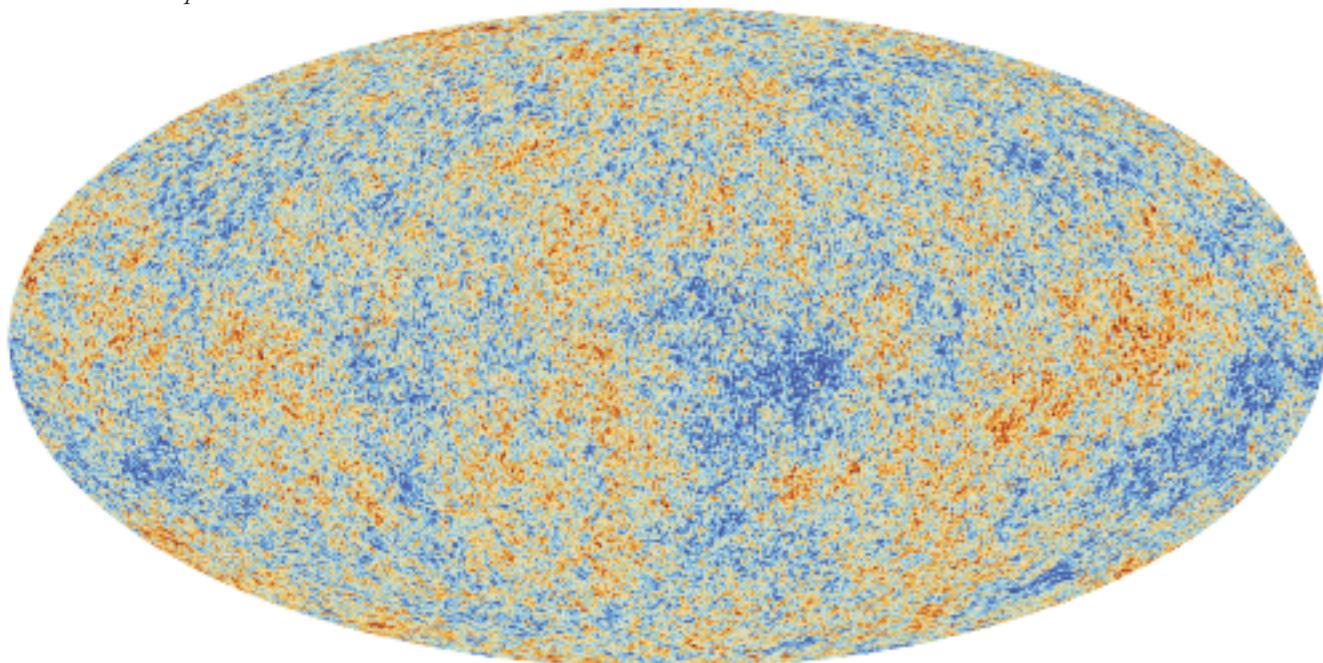


¿Qué consecuencias cosmológicas podría haber si mejores mediciones concluyeran que la dimensión es efectivamente menor que 2, aunque sea por poquito? La existencia de un horizonte cosmológico no está actualmente en duda, ya que existe abundante evidencia independiente, pero el detalle de la estructura en gran escala del universo es un campo de intensa investigación observacional y teórica hoy en día. Se procura explicar la actual distribución de galaxias a partir de las condiciones iniciales observadas en el fondo de microondas. Nada menos. ■

**1** “Insuperado” llama Jorge Luis Borges a este famoso verso de la *Eneida* en uno de los ensayos publicados bajo el título *Siete Noches*.

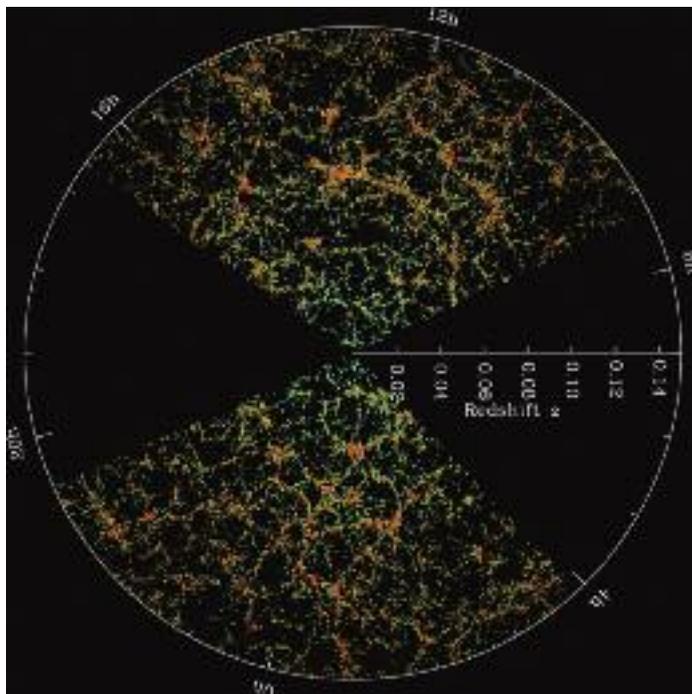
**2** Hijo del famoso William Herschel (descubridor de Urano y el más grande constructor de telescopios del siglo XVIII). John también tiene un lugar propio en la historia de la Astronomía y de la ciencia.

**3** En *Absence of self-averaging and of homogeneity in the large scale galaxy distribution*, de Francesco Sylos Labini y otros (*Europhysics Letters*, 2009), se muestra que la dimensión fractal de la distribución de galaxias es  $2,1 \pm 0,1$ .



*Imagen de todo el cielo, relevada por el radiotelescopio espacial Planck, que muestra las fluctuaciones del fondo cósmico de microondas. No se dejen engañar por su aspecto rugoso: la máxima diferencia de colores representa diferencias de longitud de onda de apenas una cienmilésima parte respecto del promedio. Estas fluctuaciones corresponden a las semillas de las galaxias de hoy en día, cuando el universo tenía apenas 380 mil años de edad. Imagen de ESA/Planck Collaboration, publicada el 21 de marzo de 2013.*

Una "rodaja" del universo. En este mapa, cada punto representa una galaxia. La Tierra está en el centro. El círculo exterior está a una distancia de dos mil millones de años luz. Las galaxias que se muestran corresponden a una estrecha franja cercana al ecuador celeste, recorriendo todo el cielo. La posición alrededor del círculo representa la Ascensión Recta en el cielo (la dirección Este-Oeste). Las regiones sin puntos son aquellas ocupadas por la Vía Láctea, que dificulta la observación del universo lejano. Las galaxias forman una estructura esponjosa en el universo a esta escala. (Imagen de M. Blanton y el Sloan Digital Sky Survey).



**El autor.** El Dr. Guillermo Abramson es Investigador Independiente del CONICET y profesor del Instituto Balseiro. Tras obtener su título de Doctor en Física en el mismo instituto realizó trabajo post-doctoral en Italia y Alemania. Se desempeña en el Grupo de Física Estadística e Interdisciplinaria del Centro Atómico Bariloche. Su labor profesional se centra en el estudio de los sistemas complejos, y en particular en aquellos que exploran la región fronteriza entre la física y la biología. Sus contribuciones se encuentran principalmente en los campos de formación de estructuras espacio-temporales, sistemas adaptables, modelado de sistemas epidémicos y otros sistemas ecológicos. Ha realizado numerosas

visitas y estadias en prestigiosos centros de investigación de Sudamérica, Europa y Estados Unidos. Ha publicado más de 40 trabajos en revistas especializadas, dirigido tesis y gestionado proyectos de investigación. El Dr. Abramson es también un entusiasta astrónomo aficionado y divulgador de la ciencia. Ha publicado *Viaje a las Estrellas: De cómo y con qué los*

*hombres midieron el universo* (colección *Ciencia Que Ladra, Siglo XXI*) y escribe regularmente en *En el Cielo las Estrellas* ([guillermoabramson.blogspot.com](http://guillermoabramson.blogspot.com)).



**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)

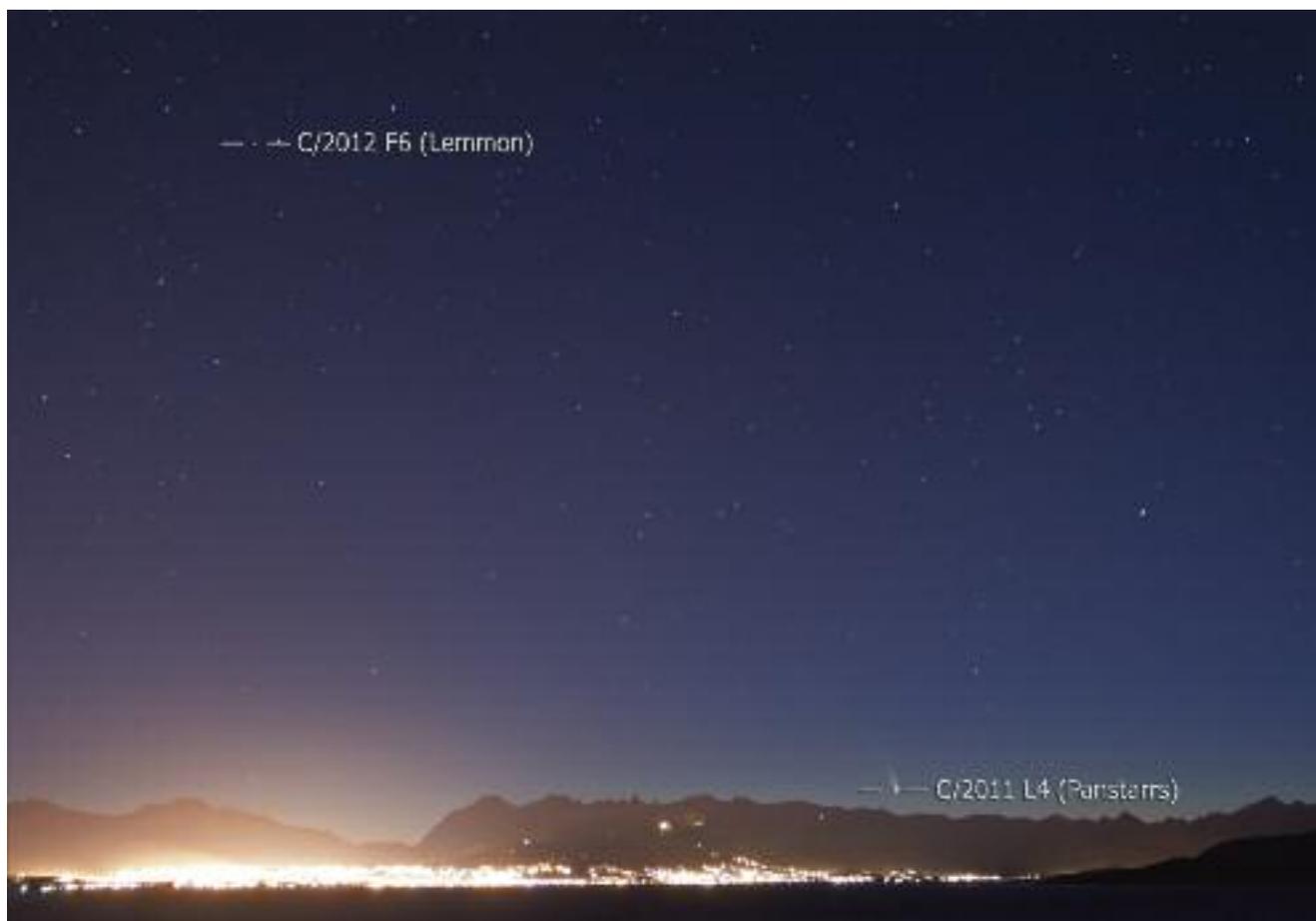


PAN-STARRS Y LEMMON

# Doblete de verano

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

Observar un cometa a simple vista no es demasiado habitual. Mucho menos, ver dos al mismo tiempo. El Pan-STARRS (a ojo desnudo) y el Lemmon (con binoculares) ofrecieron este curioso espectáculo astronómico que favoreció al hemisferio sur en los anocheceres de comienzos de marzo.



Guillermo Abramson.

*Dos cometas en el mismo cielo, vistos desde Bariloche el 5 de marzo.*

Cada año varios cometas se acercan al Sistema Solar interior, pero la mayoría pasa completamente desapercibida. Casi todos despliegan su característica cola de gas y polvo, pero sólo unos pocos por siglo son espectaculares y resultan fácilmente visibles desde la Tierra.

No es sencillo predecir el brillo que alcanzará un cometa, y algunas veces las estimaciones iniciales pueden generar expectativas superiores a lo que la realidad muestra después. Uno de los mayores expertos en cometas, el astrónomo británico Fred Whipple (1906-2004), solía decir: “*Si tenés que apostar, apostá por un*

*caballo y no por un cometa*”. Fue el mismo que definió como pequeñas bolas de nieve sucias a estos amasijos de hielo, roca y polvo que sufren una espectacular transformación cuando se acercan al Sol.

El **C/2011 L4 Pan-STARRS** resultó ser el cometa más brillante de los últimos seis años. Entre finales de febrero y principios de marzo pudo ser observado a simple vista en los cielos australes, incluso desde las grandes ciudades. No era fácil encontrarlo, ya que se perdía entre el brillo del cielo del crepúsculo. A ojo desnudo parecía una manchita borrosa, y con binoculares podía detectarse su típica forma y su cola, de 1 a 2 grados de largo, muy bajo

sobre el horizonte oeste, a no más de 10° de altura. Más allá de su pequeño tamaño aparente, ofrecía un gran espectáculo a medida que el cielo se iba oscureciendo.

El cometa había comenzado a ser visible con binoculares en los primeros días de febrero, cuando rondaba la magnitud 5 (cerca del límite de lo observable a ojo desnudo), y ya lucía interesante. Luego empezó a verse a simple vista cada vez más fácilmente, ya que su brillo fue creciendo hasta llegar casi a la magnitud 1. El 6 de marzo estuvo a su mínima distancia de la Tierra, 163 millones de kilómetros, y el domingo 10 alcanzó su perihelio, su mínima distancia al Sol, a 45 mi-

Carlos Di Nallo.



Imagen de 1 h de exposición y apilado de 60 fotos con el cometa Lemmon centrado para que las estrellas aparezcan como trazas.

Mariano Ribas.



El cometa Lemmon y su característico color verdoso, el 11 de febrero.

Esta imagen, tomada el 4 de marzo por Gabriel Brammer, astrónomo y fotógrafo del ESO (*European Southern Observatory*), desde el Observatorio Paranal en Antofagasta, Chile, recorrió el mundo y causó tanto asombro como el mismo hecho de observar en el cielo dos cometas al mismo tiempo. Impactó por su belleza y por lo inédito del acontecimiento astronómico. Antes de esta imagen (y de algunas otras que muestran el mismo fenómeno), nunca en la historia habían aparecido dos cometas en la misma foto. A la derecha, cerca del horizonte y sobre el fondo amarillo del cielo, el cometa C/2011 L4 Pan-STARRS. En la página izquierda, a media altura, el C/2012 F6 Lemmon, de color verdoso. Entre ambos, el trazo más fino y brillante corresponde a la caída casual, fugaz e instantánea de un meteoro, otro ejemplo de los “restos” de la formación del Sistema Solar. (Copyright autorizado: Gabriel Brammer, ESO).

Cometa Pan-STARRS  
11-02-2013



Mariano Ribas.

Cometa Pan-STARRS  
06-03-2013



Mariano Ribas.



llones de kilómetros. Luego, debido a su propia trayectoria y a sus rápidos cambios de posición en el cielo, dejamos de verlo en los cielos australes y comenzó a ser visible sólo desde el hemisferio norte.

**Lemmon, el adelantado**

Descubierto el 23 de marzo de 2012 a través del *Mount Lemmon Survey*, un programa de rastreo de objetos menores del Sistema Solar, ubicado en el monte Lemmon, Arizona (EE.UU.), el cometa **C/2012 F6 Lemmon** visitó los cielos del sur durante gran parte del verano. Entre febrero y marzo se lo pudo ver en las primeras horas de la noche, en dirección sudoeste, a mediana y baja altura sobre el horizonte. Este cometa cumplió también con su impredecible naturaleza y brilló más de lo esperado. Con una magnitud que rozó el límite de lo visible a simple vista, resultó muy interesante a través de binoculares, con los que se insinuaba una pequeña cola y un característico color verdoso, que la mayoría de las veces puede evidenciarse en las fotografías pero no en la observación visual. El tono verdoso proviene



*Así se vieron en el campo los cometas Pan-STARRS y Lemmon. Estas imágenes fueron tomadas por personal del Planetario durante el anochecer del lunes 4 de marzo, a unos 90 km al noroeste de la Capital Federal.*

de la fluorescencia del gas cianógeno (CN) y del carbono diatómico (C<sub>2</sub>) que la coma desprende debido a la interacción con la radiación solar en el vacío del espacio. El 24 de marzo pasó por su perihelio y a principios de abril comenzó a ser visible al amanecer y también desde el hemisferio norte.

**Lo que viene, lo que viene...**

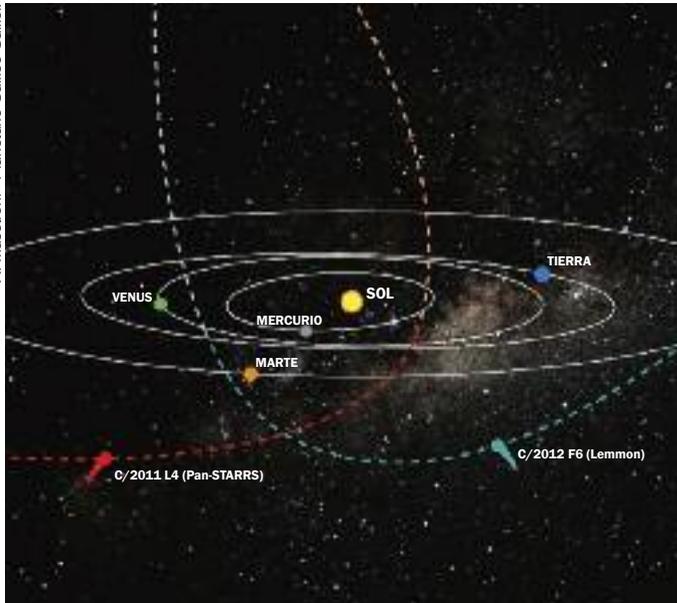
¿Qué pensaría un aficionado a la observación del cielo si le dijeran que pronto se acercará un cometa tan brillante como la Luna Llena? Seguramente, no lo creería, pero guardaría una mínima esperanza de

que fuera cierto. Desde el descubrimiento de los astrónomos Artyom Novichonok y Vitali Nevski del 21 de agosto de 2012, en la estación astronómica Kislovodsk de Uzbekistán, como parte de una red internacional de observación del cielo (ISON es su sigla en inglés), muchos están especulando con lo que podría ser el “evento astronómico más inesperado y destacado en mucho tiempo”. Según algunos científicos, en noviembre de este año el cometa ISON podría “iluminar” nuestro cielo y, además, dejar una espectacular estela de partículas de polvo y hielo visible desde nuestro planeta.

El astrónomo británico David Whitehouse aseguró que “podría ser el cometa más brillante visto en muchas generaciones, incluso, más brillante que la Luna Llena. Su superficie es más oscura que el asfalto y está picada y espolvoreada con hielo, y cuando pase cerca de la Tierra, los géiseres de gas y polvo adquirirán más fuerza. El espacio alrededor del cometa se volverá brillante cuando el hielo debajo de la superficie se convierta en gas, haga erupción y refleje la luz del Sol”.

En octubre la actividad del cometa podría empezar a incrementarse, cuando se encuentre cerca de la órbita de Marte, y comenzaría a ser visible con telescopios pequeños y binoculares, al amanecer. A fines de noviembre, el ISON estará muy cerca de la posición del Sol. El 28 alcanzará su peri-

A. Maestroni - Planetario Galileo Galilei.



### Descubrimiento y órbita

El 6 de junio de 2011, el *Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System* (Pan-STARRS 1, o Telescopio de Rastreo Panorámico y Sistema de Respuesta Rápida), ubicado en el Monte Haleakala, Hawái, para rastrear asteroides y cometas potencialmente peligrosos, tomó una serie de imágenes entre las que apareció una pálida mancha que cambiaba de posición entre una toma y otra. El hallazgo fue confirmado la noche siguiente por los astrónomos Richard Wainscoat y Marco Micheli (Universidad de Hawái), con el Telescopio Franco-Canadiense de 3,6 metros de diámetro, y notaron que se trataba de un cometa porque insinuaba una coma, la típica envoltura de gas y polvo. En ese momento se encontraba a 1000 millones de kilómetros de la Tierra, entre las órbitas de Júpiter y Saturno, y dada la enorme cantidad de científicos, técnicos y observadores involucrados en ese programa, optaron por bautizarlo Pan-STARRS, más una sigla de catálogo: C/2011 L4.

Con el correr del tiempo y nuevas observaciones, los astrónomos vieron que la órbita del cometa era parabólica, y eso significaba que ésta podría haber sido la primera vez que se acercaba al Sol, proveniente de la Nube de Oort, y que tal vez nunca más regrese.

helio, entre uno y dos millones de kilómetros del Sol, por lo que podría volverse mucho más brillante.

Como debe ser, hay astrónomos (y muchos) más cautos, que advierten que el cometa podría mostrarse menos activo y no ser tan brillante cuando pase cerca de la Tierra. El ISON podría hacer erupción más temprano y desintegrarse mucho antes de acercarse al Sol, o también podría resistir en su paso cercano al Sol y liberar menos material de lo esperado. Pero como con los cometas nunca se sabe, es mejor ser precavidos, no apostar, seguir su marcha y su evolución y, en todo caso, no hacer muchos planes para noviembre. Como sea, hay buenas razones para esperar un gran cometa hacia fines de 2013. ■



El cometa Lemmon debajo de la Nube Menor de Magallanes y del cúmulo globular 47 Tucanae, el 18 de febrero.

Carlos Di Nallo.

El cometa Pan-STARRS sobre el cerro Catedral en Bariloche.



Guillermo Abramson.

## LA LUZ CENICIENTA DE LA LUNA

# El resplandor Da Vinci

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

Es una de las vistas más cautivantes de la Astronomía: unos días antes y después de la Luna Nueva, nuestro satélite se convierte en un arco fino y brillante, que se completa con una muy suave luminosidad grisácea que apenas sugiere el resto de su globo. Ese tímido y fantasmal resplandor es la “luz cenicienta” de la Luna, y durante mucho tiempo fue un completo misterio. Al fin de cuentas, durante esos días, el Sol está iluminando mayormente el otro lado de nuestro satélite, y no la cara que siempre mira hacia la Tierra. Por lo tanto, debería estar completamente a oscuras. Pero no es así. El resplandor está. Y hace cinco siglos, el gran Leonardo Da Vinci descubrió por qué.



Guillermo Abramson.

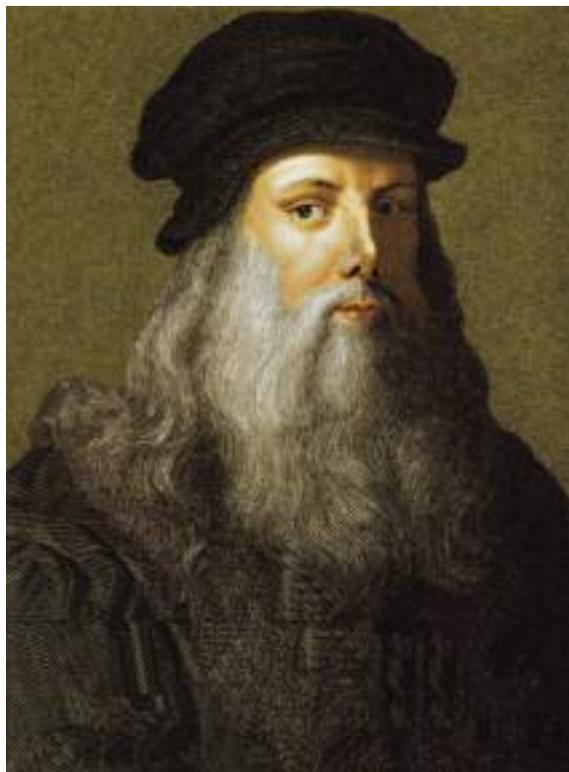
## El genio y la Luna

Entre tantísimas otras cosas, la curiosidad imparable de Leonardo Da Vinci lo llevó a ocuparse de la Luna. Durante su madurez, hacia 1490, pasó muchas noches observando, dibujando y tratando de comprender a fondo el fenómeno de las cambiantes fases lunares. Por entonces, todo el mundo sabía que la luz blanca de la Luna no era otra cosa que

luz solar reflejada en su superficie. Sin embargo, había una vieja pregunta que, hasta entonces, nadie había podido contestar: ¿qué era esa luz gris que completaba la circunferencia lunar en las fechas cercanas a la Luna Nueva? Leonardo se cargó el desafío al hombro y no paró hasta resolverlo.

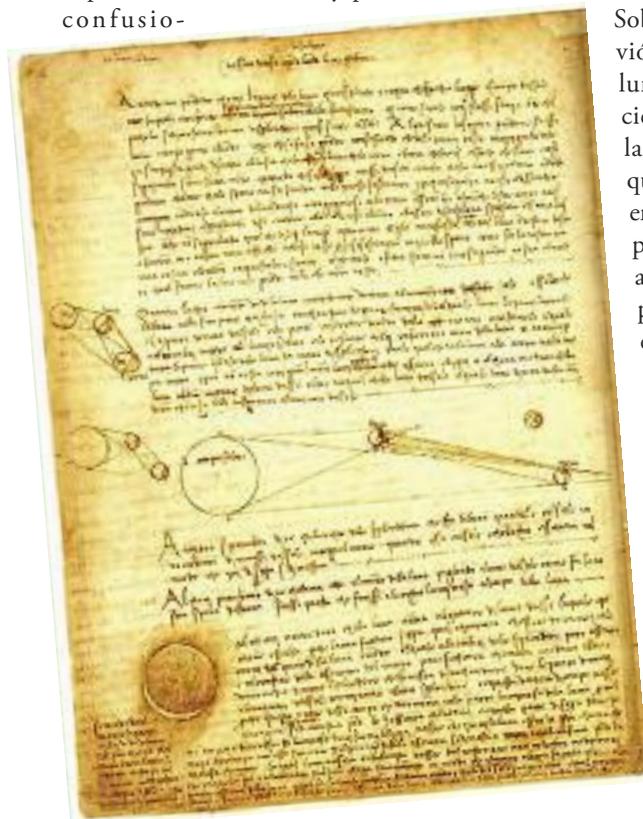
Como casi todos sus contemporáneos, el imbatible genio renacentista estaba

convencido de que el Sol y la Luna —al igual que los planetas— giraban alrededor de la Tierra. Claro, Copérnico todavía no había entrado en escena para demoler de una vez y para siempre la larga y pesada herencia de Aristóteles, Ptolomeo y su modelo geocéntrico. Da Vinci también creía que la Luna estaba hecha de cristal y alabastro. A contramano de la opinión general, él pensaba



*Un joven Leonardo, mucho antes de que se dedicara a la Astronomía.*

que sus zonas oscuras eran continentes, y sus zonas blancas, enormes océanos de agua líquida que reflejaban la luz solar. A pesar de todas esas muy perdonables confusio-



*Dibujos de Leonardo sobre las posiciones del Sol, la Tierra y la Luna (The Royal Collection, Windsor).*

nes (producto del estado del conocimiento astronómico de su tiempo), Leonardo pudo explicar la siempre bonita “luz cenicienta”.

### Dibujos y respuestas

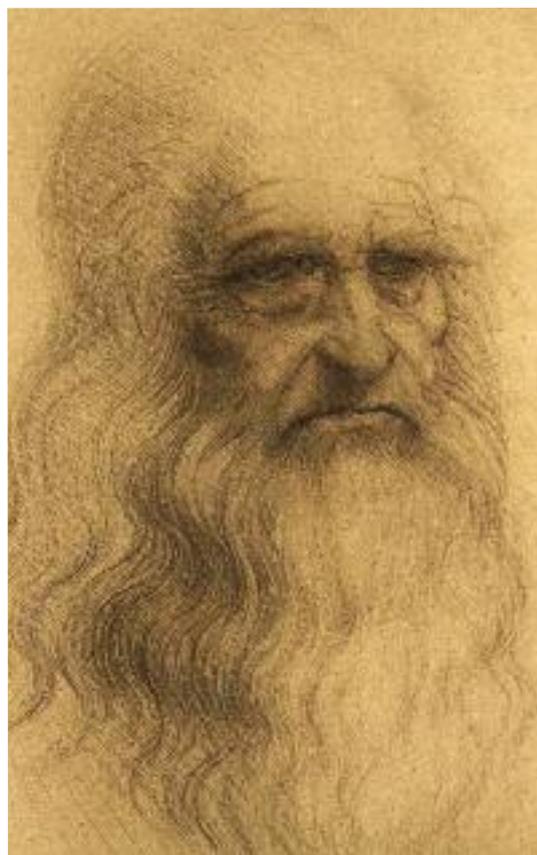
A diferencia de los astrónomos más ortodoxos de su época, enfrascados especialmente en el estudio de los movimientos y las posiciones de los planetas, Leonardo apuntó los cañones, más que nada, a las relaciones geométricas entre el Sol, la Tierra y la Luna. Y lo más jugoso al respecto aparece en su célebre *Codex Leicester*.

Allí publicó proliferos dibujos, esquemas e interpretaciones sobre las posiciones relativas de los tres astros.

Sobre esa base resolvió el viejo enigma lunar: la luz cenicienta proviene de la Tierra. No porque nuestro planeta emita luz, sino simplemente porque actúa como un espejo que refleja la luz que recibe del Sol. Y como bien dedujo Leonardo, parte de ese reflejo incide sobre las regiones lunares donde es de noche, iluminándolas delicadamente (todos conocemos el caso inverso: la

Luna Llena también ilumina débilmente las noches terrestres).

Por último, decía Leonardo, nuestro satélite también funciona como una suerte de espejo, porque refleja parte de la luz que, a su vez, ha recibido desde la Tierra. En sus propias palabras: “*Algunos han creído que la Luna tenía alguna luz por sí misma, pero esta opinión es falsa (...) ese brillo que se observa entre los*

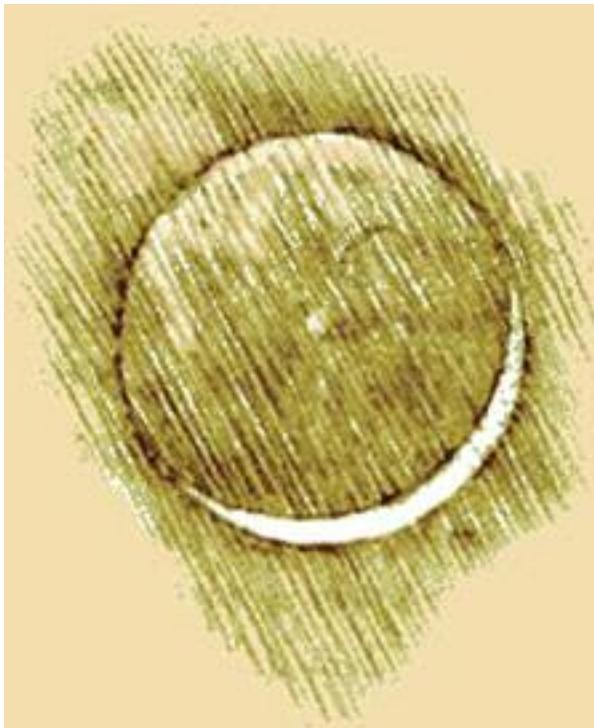


*Autorretrato de Da Vinci, sobre el final de su vida, en 1512 (Biblioteca Reale, Turin).*

*cuernos de la Luna Nueva proviene de nuestros océanos y mares que son iluminados por el Sol”.*

### El cráter de Leonardo

Hacia 1510, Da Vinci había explicado el fenómeno de la “luz cenicienta”. Sin embargo, nunca publicó sus notas astronómicas, y por eso su notable descubrimiento científico nunca fue oficialmente reconocido. Esos laureles quedaron en manos de Michael Mastlin, un astrónomo que nació algunas décadas más tarde de la muerte de Leonardo. A pesar de todo, el pintor, escultor, arquitecto, matemático, ingeniero italiano,



*Detalle de la luz cenicienta en la Luna, dibujado por Leonardo.*

también devenido en astrónomo, tuvo su merecidísimo premio: en la Luna hay un cráter con el nombre de Leonardo. Mide 40 kilómetros de diámetro y se ubica a 9 grados de latitud norte y 45 grados de longitud este, entre el Mar de la Fecundidad y el Mar de la Tranquilidad. De hecho, es uno de los poquísimos artistas inmortalizados en un

cráter lunar oficialmente nombrado por la Unión Astronómica Internacional (los otros son Bernini, El Greco y Cellini).

**A mirar el “resplandor Da Vinci”**

Y qué mejor manera de recordar a Leonardo y sus peripecias astronómicas que salir a contemplar aquella maravillosa vista, la misma que lo cautivó hace cinco siglos. En los meses restantes de 2013 se producirá la Luna Nueva en las fechas que se registran en la **Tabla** de esta página. A partir de esas fechas, entre unos 3 a 4 días antes y después podremos ver la Luna en fino Menguante o Creciente, colgada en el cielo del este al amanecer (si es antes de la Luna Nueva) o del oeste al anochecer (si es después de la Luna Nueva), a baja altura sobre el horizonte. Y a prestar atención: allí, entre sus “cuernos”, brillará suavemente el hipnótico resplandor Da Vinci. A disfrutarlo. ■

**TABLA DE LA LUNA NUEVA EN 2013**

- 9 de mayo
- 8 de junio
- 8 de julio
- 6 de agosto
- 5 de septiembre
- 4 de octubre
- 3 de noviembre
- 2 de diciembre



Entre 3 a 4 días antes y después de la Luna Nueva se puede ver la luz cenicienta. Si es antes, al amanecer. Si es después, al anochecer.

Mariano Ribas.

## GLOBO TERRÁQUEO PARALELO

# El mundo a nuestros pies

Por el Área del Museo del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.

El globo terráqueo paralelo formó parte del instrumental de trabajo habitual de los antiguos astrónomos y geógrafos. Es una esfera que representa a la Tierra y está orientada del mismo modo que nuestro planeta en el espacio. Permite poner en perspectiva el punto de vista local y el sentido de los términos “norte-sur” o “arriba-abajo”. Con su ayuda podemos resignificar nuestra posición sobre el globo terrestre con relación al resto de los demás lugares.



Alfredo Maestroni.

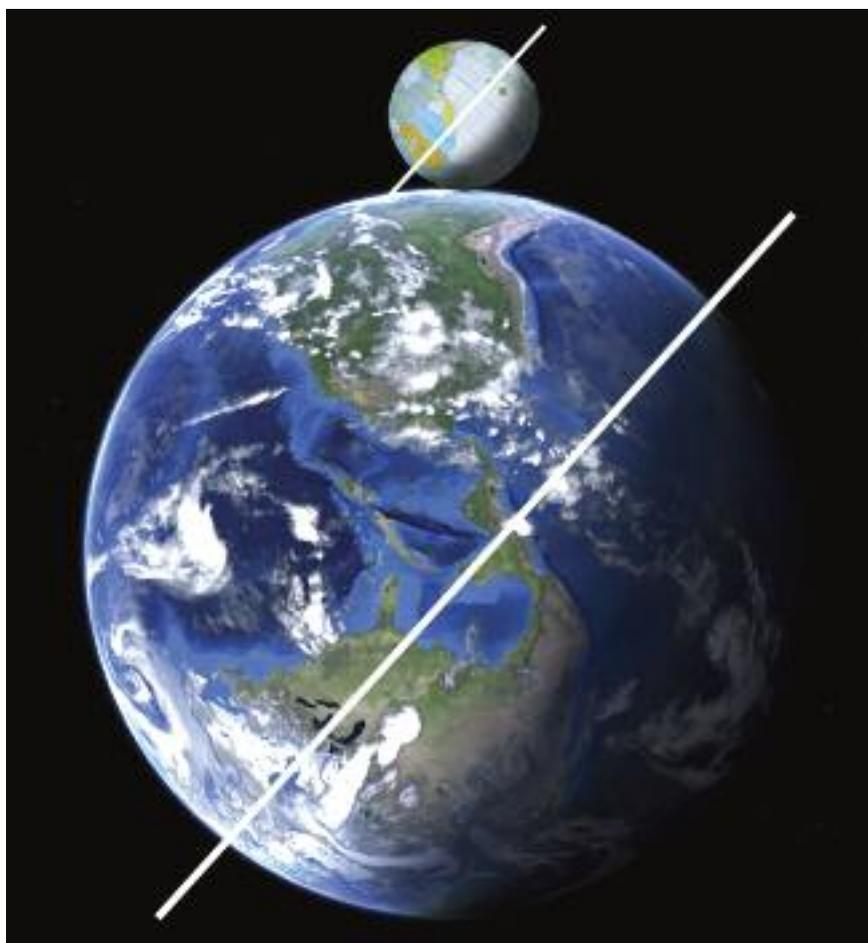
Se llama globo terráqueo paralelo porque su eje (visible en los polos) es paralelo al eje de rotación de la Tierra. En este caso, la posición de la ciudad de Buenos Aires (en lo alto de la esfera) está dirigida al cenit. En la esfera se han esquematizado los continentes y algunos elementos matemáticos, tales como el ecuador, los trópicos, los círculos po-

lares, el meridiano de Greenwich, el meridiano de Buenos Aires y los polos geográficos.

La localidad en la que está colocado se sitúa en el punto más alto. Así, si tenemos en cuenta que nuestro planeta es una esfera, al viajar en cualquier dirección iremos siempre hacia “abajo”. Según esta referencia, estamos siempre “arriba” de la Tierra, y con todo el

mundo “bajo nuestros pies”.

El globo terráqueo paralelo gira con la propia Tierra y es iluminado por el Sol de la misma manera que nuestro planeta, y obtiene en cada momento una iluminación en tiempo real. La proyección de su eje norte-sur indica la ubicación del polo celeste correspondiente, en este caso, el Polo Sur Celeste.



*Representación del globo terráqueo paralelo y su posición con respecto a la Tierra.*

partió de una estructura de hierro, cuyo eje vertical coincide con la vertical del lugar, pasa por la localidad de Buenos Aires (Latitud:  $34^{\circ} 34' 11''$  S. Longitud:  $58^{\circ} 24' 42''$  O) y por sus antípodas ( $34^{\circ} 34' N$  y  $121^{\circ} 36' E$ ). Por eso, nuestra ciudad queda en la parte superior, y el punto de apoyo, al otro lado, en el Mar Amarillo, China.

En base a la posición del eje vertical se calculó el ángulo del eje terrestre (y por consiguiente, los polos sur y norte):  $34^{\circ} 34'$  respecto al horizonte del lugar (que coincide con el valor de la latitud).

La estructura fue recubierta con una malla metálica sobre la que se colocaron varias capas de cemento. Luego se dibujó una grilla para perfilar el contorno de los continentes, cuyas formas son aproximadas, ya que no se buscó una representación fidedigna de la Tierra, sino visualizar las regiones iluminadas por el Sol y las que se encuentran en la sombra (representación del día y la noche en tiempo real). Una vez ubicada en la base, se orientó de modo que el meridiano correspondiente a la localidad de Buenos Aires quede alineado con el meridiano del lugar. ■

**Construcción e instalación en la explanada del Planetario**

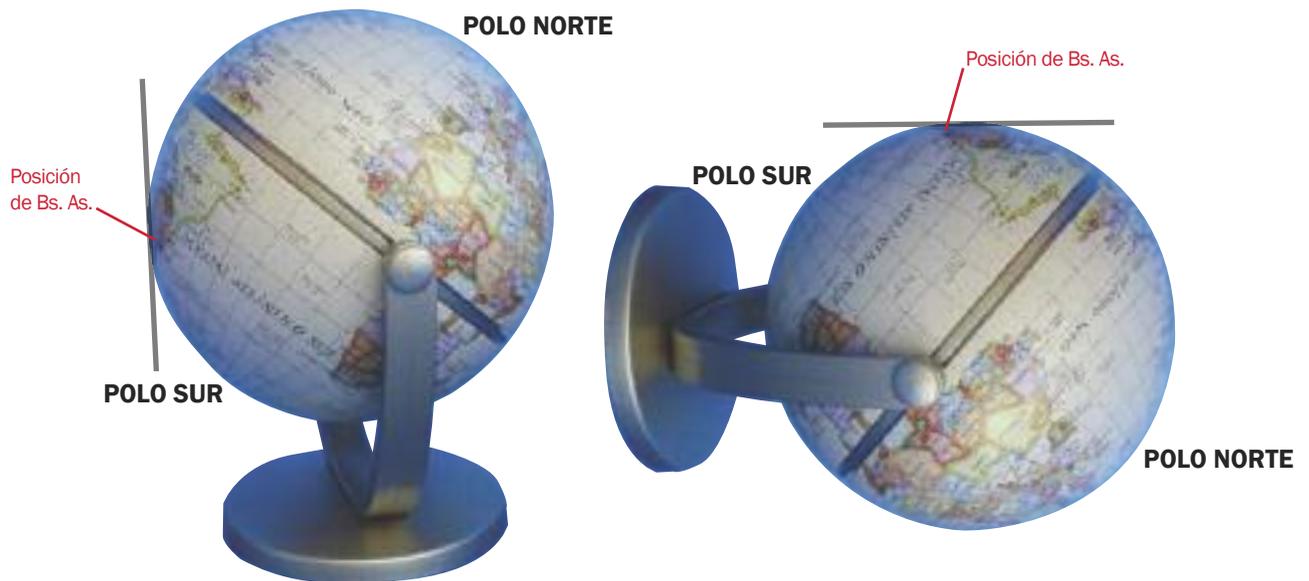
La obra fue realizada por profesionales

del Museo Perloti bajo la dirección del escultor Darío Khler. Para dar forma a la esfera que representa a la Tierra se



## Cómo utilizar un globo terráqueo paralelo

- 1- Tomar un globo terráqueo y desmontarlo de su eje para poder moverlo libremente.
- 2- Ubicar el globo terráqueo de modo que la localidad en la que se realiza la experiencia quede en el punto más alto (hacia el cenit).
- 3- Determinar la dirección norte-sur con ayuda de una brújula (o mejor aún, como se explica en **Si Muove** N° 2, página 15); ése es el meridiano del lugar.
- 4- Orientar el globo terráqueo de modo que el meridiano correspondiente a nuestra localidad coincida con el meridiano del lugar.
- 5- Con el globo local correctamente ubicado se pueden realizar las observaciones: ¿dónde es de día y dónde es de noche? ¿Cómo cambia el largo y la dirección de la sombra de un obelisco colocado en un punto fijo con el transcurso de las horas, y de diferentes obeliscos colocados en distintos puntos del globo?



*En el globo terráqueo colocado en posición convencional se busca la ubicación, por ejemplo, de la ciudad de Buenos Aires. Con una lámina rígida se marca el horizonte del lugar, un plano tangente a la esfera en el punto seleccionado. Si se gira el globo terráqueo se lleva a Buenos Aires al cenit, de modo que el plano adosado queda en posición horizontal. Así queda también alineado el eje norte-sur.*



UNA CUESTIÓN DE ESCALA

# El concepto del espacio

Por Gustavo D. Buzai, Universidad Nacional de Luján/CONICET y Graciela Cacace, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".

Cuando observamos el cielo estrellado nos maravillamos ante la inmensidad del Universo. Los objetos celestes parecen inalcanzables, al igual que el horizonte que vemos como una línea a nuestro alrededor, en la que percibimos la materialidad más lejana que nos presenta nuestro planeta. Igual de inalcanzable resulta la materia microscópica, aquélla que sólo podemos ver a través de un instrumental especializado y que parece tan inmensa como el firmamento. Los seres humanos desarrollamos nuestras actividades en una escala propia, la de la vida cotidiana, y convivimos con dos escalas de inmensidad: la de lo infinitamente grande y la de lo infinitamente pequeño. En las tres existen miles de maravillas ocultas a nuestros ojos, y en las tres hay aspectos generalizables que nos permiten comprender el mundo.

**Una arquitectura compartida**

Todos los seres vivos en el planeta Tierra se encuentran formados por complejas construcciones de moléculas orgánicas, estructuradas en átomos como la más pequeña e indivisible unidad de materia. Los átomos se originan en el interior caliente de las estrellas.

Lo más sorprendente es que planetas, estrellas y galaxias están formados por átomos; y el cerebro del ser humano que se dedica a estudiarlos, también. El *Big Bang*, el modelo cosmológico que mejor explica la evolución del cosmos, permite inferir que todo ha surgido en el momento del nacimiento del Universo. Por lo tanto, el origen común brindó una arquitectura compartida por las entidades físicas que hoy ocupan las diferentes escalas.

Un conjunto de estrellas puede formar una galaxia, un conjunto de seres humanos puede formar una sociedad, un conjunto de células puede formar un tejido, un conjunto de partículas puede formar un átomo. Todos tienen el mismo origen y aspectos estructurales que pueden encontrarse en diferentes escalas, aunque al mismo tiempo, todos tienen aspectos específicos propios del contexto que les toca ocupar.

El concepto de escala se encuentra presente en todo análisis espacial, en el que hacen la Astronomía, la Geografía, la Biología o la Física Cuántica, con la finalidad de abordar el estudio de los objetos materiales a distintas escalas. Miradas generales y particulares en cada una de ellas permiten captar la complejidad que se en-

	TEORÍA GENERAL DE LOS SISTEMAS	SISTEMAS COMPLEJOS
<b>ESPACIO ASTRONÓMICO</b>	 <p>Quinteto de Stephan, cúmulo de galaxias a unos 300 millones de años luz.</p>	 <p>Planeta Saturno. Sonda Cassini/NASA.</p>
<b>ESPACIO GEOGRÁFICO</b>	 <p>Vista nocturna de París y Londres. Imagen tomada desde la Estación Espacial Internacional.</p>	 <p>Vista de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.</p>
<b>ESPACIO MICROSCÓPICO</b>	 <p>Representación de redes neuronales.</p>	 <p>Los cloroplastos de las hojas contienen la clorofila.</p>

cuentra en la materia y sus concretas relaciones mediatizadas por el espacio.

### El espacio, en el cielo y en la Tierra

Aristóteles<sup>1</sup> afirmaba que los cuerpos físicos observables se sitúan en un medio que recibe el nombre de espacio, y ésta es la concepción de mayor generalización en la actualidad, la de un lugar vacío que contiene cosas. Por lo tanto, desde un punto de vista empirista, sólo podemos ver el espacio cuando existen objetos que nos muestran distancias entre ellos. Sin embargo, el concepto de espacio es diferente según sea definido en base a los objetivos de diferentes disciplinas como Astronomía, Física, Biología, Sociología, Filosofía, Matemáticas, Historia o Geografía.

En Astronomía, el espacio es todo aquello que se encuentra más allá de la atmósfera terrestre. Frecuentemente se dice que los astronautas *visitan el espacio*; los satélites artificiales *están en el espacio*, y también se hace referencia a un *espacio interestelar* o a un *espacio intergaláctico*. Que el espacio se encuentre en el exterior terrestre muestra la concepción de una época en la que se creía que estaba fuera de la Tierra, en la cual se ignoraba que se lo integraba al igual que cualquier otro cuerpo celeste. A partir de los trabajos de Albert Einstein<sup>2</sup>, el concepto de un espacio absoluto e independiente es cuestionado. La teoría de la relatividad redefine el espacio, lo liga con el tiempo y le brinda mayor dinamismo al análisis espacial, ya que si bien el espacio se percibía únicamente a través de los objetos, el tiempo sólo era visible a través del movimiento de estos objetos. Distribución y evolución fueron conceptos conjuntos en el binomio espacio-tiempo.

Los telescopios permitieron una visión más cercana de los objetos lejanos. Han tenido una gran evolución, desde el pequeño telescopio de 30 aumentos utilizado por Galileo Galilei<sup>3</sup>, con el cual descubrió los mayores satélites de Júpiter, hasta el *James Webb Space Telescope* (JWST), que se pondrá en órbita en 2018 con una potencia óptica que permitirá ver con más detalle las primitivas estructuras del Universo.

En Geografía, el espacio es sinónimo de *espacio geográfico*, es decir, todo aquello que se encuentra principalmente en la su-

perficie de la Tierra y que tiene influencia sobre ella. En este espacio se producen relaciones estrechas entre las sociedades humanas y el medio ambiente, a partir de las actividades que el hombre realiza con la finalidad de satisfacer sus necesidades.

El medio ambiente presenta determinantes naturales para las actividades humanas, las cuales intentan superarlos permanentemente. Estas relaciones de fuerza pueden ser vistas a través del paisaje (semi-natural o antrópico) como reflejo de una superficie terrestre cada vez más adaptada a las motivaciones humanas.

Las concepciones de espacio en Geografía también han tenido su evolución. El *espacio absoluto*, que representa la ubicación fija sobre el sistema de coordenadas terrestres, fue ampliado a través del denominado *espacio relativo*, el cual considera posiciones cambiantes en base a la posibilidad de movimientos entre ellas. Queda claro que las ciudades mantienen sus mismos sitios en el espacio absoluto, pero sus posiciones se van acercando a medida que se implementan medios de transportes más eficaces. La evolución conceptual incorpora inicialmente mediciones de distancia para luego intercambiarlas por mediciones de tiempo.

Desde un punto de vista técnico, la cartografía tradicional permitió tener una visión clara de las localizaciones y las distribuciones espaciales. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) desarrollados a partir de la década de 1960 permitieron mayor dinamismo al avanzar claramente en visiones dinámicas de la asociación, interacción y evolución espacial. Actualmente, los SIG más potentes integran bases de datos alfanumérica (bases de datos, planillas de cálculo, tablas estadísticas, mediciones GPS) con bases de datos gráficas (diseño asistido por computador, cartografía digital, modelado de redes, modelado 3D e imágenes satelitales) que permiten representar y analizar con visión prospectiva las estructuras espaciales. Los SIG inicialmente fueron considerados una herramienta técnica que permitió la obtención, almacenamiento, tratamiento y reporte de datos espaciales. Sus posibilidades de análisis espacial en apoyo a la investigación geográfica han hecho que se lo considere el invento más importante

desde la aparición del mapa. Cabe destacar que sus capacidades metodológicas avanzaron conjuntamente al afianzamiento teórico del racionalismo y el cuantitativismo, motivo por el cual constituyen, al mismo tiempo, un importante medio para pensar la realidad.

### El enfoque sistémico unifica la visión espacial

El espacio está ligado al tiempo, por lo tanto, toda entidad existente está localizada y se encuentra en permanente evolución. El cambio es permanente, pero no se produce de manera aleatoria, sino que existen leyes que rigen las pautas de distribución espacial y que existen en todas las escalas de análisis. Estudiar comportamientos generalizados permite descubrir estas leyes, y al utilizarlas se puede predecir un camino claro para hacer ciencia.

Investigaciones realizadas en diferentes campos científicos durante el siglo pasado fueron transformando las perspectivas tradicionales de la especialización. Se descubrió que existen vínculos y relaciones de interdependencia entre componentes que se consideraban aislados. Actualmente queda claro que la ciencia intenta ver totalidades a través de sistemas.

Surge entonces la Teoría General de los Sistemas (TGS), enunciada y definida por Ludwig von Bertalanffy<sup>4</sup> como teoría global con nuevos esquemas conceptuales. Un objetivo central fue determinar

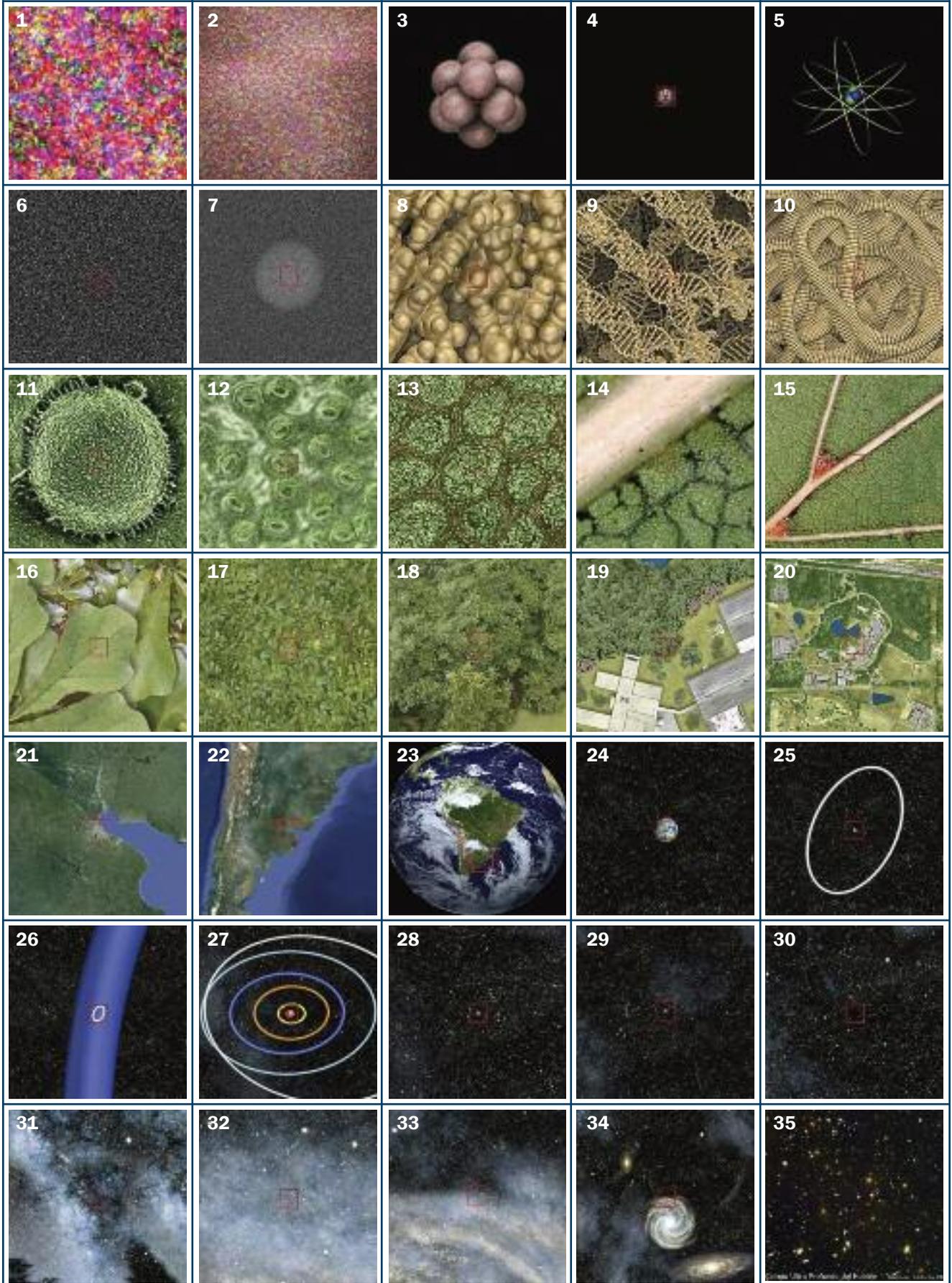
“**Planetas, estrellas y galaxias están formados por átomos; y el cerebro del ser humano que se dedica a estudiarlos, también.**”

*En las dos páginas siguientes comparamos las potencias a través de las escalas, desde lo más pequeño, las partículas quarks, constituyentes fundamentales de la materia, hasta lo más grande, los cúmulos de galaxias.*

## REFERENCIAS EN POTENCIAS

<b>1</b> Partículas “quark” 100 atómetros ( $10^{-16} m$ )	<b>2</b> Protón 1 fermi ( $10^{-15} m$ )	<b>3</b> Núcleo de un átomo de carbono 10 fermis ( $10^{-14} m$ )	<b>4</b> Núcleo de un átomo 100 fermis ( $10^{-13} m$ )	<b>5</b> El espacio vacío entre el núcleo y las órbitas de electrones 1 picómetro ( $10^{-12} m$ )
<b>6</b> Electrón 10 picómetros ( $10^{-11} m$ )	<b>7</b> Nubes de electrones del átomo de carbono 1 angstrom ( $10^{-10} m$ )	<b>8</b> Bloques cromosómicos 1 nanómetro ( $10^{-9} m$ )	<b>9</b> Cadena de ADN 100 angstroms ( $10^{-8} m$ )	<b>10</b> Cromosomas 1000 angstroms ( $10^{-7} m$ )
<b>11</b> Núcleo de una célula 1 micrón ( $10^{-6} m$ )	<b>12</b> Células 10 micras ( $10^{-5} m$ )	<b>13</b> Células de una planta 100 micras ( $10^{-4} m$ )	<b>14</b> Vasos de una hoja 1 milímetro ( $10^{-3} m$ )	<b>15</b> Estructura de una hoja 1 centímetro ( $10^{-2} m$ )
<b>16</b> Una hoja 10 centímetros ( $10^{-1} m$ )	<b>17</b> Vista desde 1 metro ( $10^0 m$ )	<b>18</b> Vista desde un edificio 10 metros ( $10^1 m$ )	<b>19</b> Vista desde un helicóptero 100 metros ( $10^2 m$ )	<b>20</b> Vista de un paracaidista 1 km ( $10^3 m$ )
<b>21</b> Vista desde una altura de 100 km ( $10^5 m$ )	<b>22</b> Vista desde un satélite 1.000 km ( $10^6 m$ )	<b>23</b> Hemisferio de la Tierra desde el espacio 10.000 km ( $10^7 m$ )	<b>24</b> La Tierra completa desde el espacio 100.000 km ( $10^8 m$ )	<b>25</b> La Tierra y la órbita de la Luna 1 millón de km ( $10^9 m$ )
<b>26</b> Parte de la órbita de la Tierra 10 millones de km ( $10^{10} m$ )	<b>27</b> Sistema Solar 10.000 millones de km ( $10^{13} m$ )	<b>28</b> El Sol como un punto 1 billón de km ( $10^{15} m$ )	<b>29</b> El Sol muy pequeño 1 año luz ( $10^{16} m$ )	<b>30</b> Estrella vecina al Sol 10 años luz ( $10^{17} m$ )
<b>31</b> Estrellas en la Vía Láctea 1.000 años luz ( $10^{19} m$ )	<b>32</b> Estrellas en la Vía Láctea 10.000 años luz ( $10^{20} m$ )	<b>33</b> Diámetro de la Vía Láctea 100.000 años luz ( $10^{21} m$ )	<b>34</b> Parte del Grupo Local 1 millón de años luz ( $10^{22} m$ )	<b>35</b> Galaxias más lejanas 13.000 millones de años luz ( $13^{26} m$ )

DE LO MÁS PEQUEÑO A LO MÁS GRANDE



similitudes estructurales entre fenómenos comunes en diferentes sistemas. Por ejemplo, la modelización del ciclo de vida puede ser utilizada en el estudio de una población de células, de animales o de estrellas.

En un sistema no se concibe la posibilidad de explicar un elemento si no es en relación con otros y con la estructura total que los vincula. Se considera que la perspectiva sistémica permitió unir las piezas disgregadas por la alta especialización y brindar nuevas perspectivas al enfoque analítico.

Aspectos propios de la investigación científica en análisis espacial apoyada conceptualmente en la TGS se pueden resolver a través del uso de las Matemáticas en la búsqueda de correlaciones, regresiones lineales múltiples causales, autómatas celulares y análisis dinámico de interacción espacial con modelos potenciales. La práctica indica que habrá que calibrar los modelos en base a los casos específicos.

Considerar la especificidad permite centrar el análisis a partir de considerar aspectos de escala. Esto fue resuelto con el desarrollo de la Teoría de los Sistemas Complejos (TSC), realizado por Rolando García<sup>5</sup> a partir de las bases propuestas por la Epistemología Genética, ideada por Jean Piaget<sup>6</sup>, aplicadas al trabajo científico interdisciplinario. Desde el punto de vista de la investigación, entre la teoría y la experiencia, aparece la *simulación* como método científico para estudiar y predecir el funcionamiento de sistemas complejos. La TSC ha demostrado grandes capacidades para el estudio de la realidad socioespacial en el campo de la Geografía, y también para entender aspectos correspondientes a la construcción de conocimientos en base a su capacidad epistemológica.

Aquí se resalta su conceptualización de la realidad formada por estructuras pertenecientes a una totalidad estratificada a partir de escalas de organización semi-autónomas. Al realizar un análisis espacial se hará un estudio en una escala específica (nivel focal), aunque en ella existan influencias de otros niveles, uno superior (supra-focal) y otro inferior (infra-focal). En cada escala se pueden descubrir dinámicas específicas.

Esta consideración permite ampliar la

TGS justificando su ampliación a partir de contar con un marco general que permita sustentar la estabilidad de determinadas teorías en niveles específicos y la no-invalidación de ellas a través de considerar otros niveles de análisis. Por ejemplo, la teoría de la relatividad general supera a la física newtoniana, sin embargo, para analizar cuestiones físicas a escala humana se sigue utilizando la segunda.

El concepto de movimiento se torna básico al momento de comprender la estructuración del espacio relacional en escala geográfica. Este movimiento puede ser estudiado mediante la denominada física social, campo analítico que apela a los desarrollos de la Física aplicados a la resolución de aspectos concernientes al espacio geográfico: los modelos gravitatorios newtonianos han sido ampliamente utilizados en el campo de las interacciones espaciales, como por ejemplo los movimientos pendulares (residencia-trabajo) que diariamente realiza la población de un área de estudio.

## Conclusión

El concepto de espacio puede ser materializado en diferentes escalas, desde la microscópica hasta la sideral, pasando por la geográfica de nuestra vida cotidiana, y presenta gran importancia para la comprensión de la realidad que nos rodea. Cuenta con características generales que permiten comprender comportamientos similares en las diferentes escalas, pero también cada una de ellas tiene comportamientos específicos. Todos sus elementos comparten un origen común, y es por ello que se estructura a través de una lógica sistémica.

Los avances epistemológicos realizados a través de las TGS (Teoría General de los Sistemas) y TSC (Teoría de los Sistemas Complejos) permitieron dar cuenta de estas complejidades que aún no han sido agotadas, y los instrumentos de observación cada vez más sofisticados permiten cada vez mejores aproximaciones empíricas. En este sentido, las imágenes que nos proveen los actuales microscopios, aceleradores de partículas, SIG (Sistemas de Información Geográfica) y telescopios, muestran espacios que deben seguir siendo explo-

rados y que presentan posibilidades de lograr nuevos descubrimientos. ■

- 1 Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), filósofo griego.
- 2 Albert Einstein (1879-1955), físico alemán.
- 3 Galileo Galilei (1564-1642), astrónomo italiano.
- 4 Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), biólogo austriaco.
- 5 Rolando García (1919-2012), epistemólogo argentino.
- 6 Jean Piaget (1896-1980), epistemólogo suizo.

## Bibliografía

- Boido, G. 1996. *Noticias del planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. AZ. Buenos Aires.
- Buzai, G.D. 1999. *Geografía Global. Lugar Editorial*. Buenos Aires.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. 2011-2012. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. (2 tomos). Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Chorley, R. 1987. *Handling Geographic Information*. Department of Environment. London.
- deRosnay, J. 1977. *El Macroscopio*. AC-DL. Madrid.
- García, R. 2006. *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.
- Gangui, A. 2009. *Cosmología*. INET. Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires.
- Sagan, C. 1980. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona.
- Szamosi, G. 1988. *Tempo & Espaço*. Zahar Editor. Sao Paulo.
- Von Bertalanffy, L. 1988. *Teoría General de los Sistemas*. FCE. México.
- Wagensberg, J. 1994. *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets. Barcelona.

## Los autores

Gustavo D. Buzai es Profesor de Geografía (UBA, 1991), Licenciado en Geografía (UBA, 1992) y Doctor en Geografía (UNCu, 1998). Universidad Nacional de Luján: Profesor Adjunto Concursado, Investigador Independiente CONICET y Director del Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Graciela Cacace es Profesora de Geografía (JVG, 1984), Licenciada en Geografía (UNLu, 2006) y Especialista en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Estudio del Medio Ambiente (UNLu, 2009). Universidad Nacional de Luján: Jefe de Trabajos Prácticos Concursado, Investigadora del Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Coordinadora del Museo del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".

## EL AÑO DEL PLANETARIO

## 365 días... y algo más

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

Más de 400.000 asistentes disfrutaron de la variada oferta de actividades en 2012, y este precedente nos presenta el futuro como un verdadero desafío. En 2013 el Planetario aspira a ampliar el alcance de sus propuestas manteniendo la diversidad de su oferta cultural: espectáculos didáctico-recreativos, exposiciones, visitas guiadas, cursos, conferencias, observaciones por telescopios, salidas nocturnas de observación a cielo abierto y participación en eventos culturales.



*La sala del Planetario durante el Workshop de Astrofísica: El Universo de Pierre Auger, el 21 de marzo.*

Un año, según cómo lo vivamos, es una eternidad o casi un suspiro. Algunos años pasan dejando recuerdos vagos y otros dejan huellas imborrables. Para el Planetario, 2012 fue inolvidable; un hito en su historia: el año en el que se concretó un proceso de tecnificación que le dio a nuestra institución la agilidad y el dinamismo propios de los más modernos planetarios del mundo. Las nuevas tecnologías instaladas en la sala de espectáculos, capaces de generar entornos inmersivos de gran realismo, permitieron que nuestros espectadores vivan

maravillosas experiencias astronómicas. Nuestro renovado Planetario es ahora más que nunca un espacio que difunde el conocimiento científico-astronómico como parte de la cultura; un centro de aprendizaje informal y de recreación.

Este año, la programación de espectáculos para público promete el estreno de una función astronómica que se presentó con gran reconocimiento en los más importantes planetarios del mundo, *Cosmic Collisions*; y el reestreno con renovada producción de *El Principito*, un clásico de la literatura representado por actores en vivo bajo el imponente cielo

estrellado del Planetario.

Pero quizás el objetivo más ambicioso sea lograr un trabajo sostenido en la producción de espectáculos. A lo largo de sus más de 45 años de historia, el Planetario produjo sus propios contenidos para diversos públicos: estudiantes desde nivel inicial a universitario, público en general, público infantil, público con necesidades especiales. Actuaciones grabadas o en vivo, animaciones, títeres y otros tantos recursos se produjeron en nuestra institución para lograr un acercamiento lúdico y ameno a la ciencia y la tecnología.

Con los nuevos equipos de proyección las



*Colisiones Cómicas es la función para público general que estaremos estrenando próximamente.*

posibilidades se amplían, y producir espectáculos implica un trabajo mucho más complejo. Los primeros pasos los dimos en 2012. En sólo unos pocos meses el Departamento Técnico del Planetario produjo tres funciones para público estudiantil: **Viajeros** y **El Sistema Solar**, que fascinaron a chicos de 4 a 14 años, y una versión sumamente enriquecida de **Astronomía de posición** para alumnos de nivel terciario y universitario.

En esta temporada los alumnos de cuarto grado de escuela primaria a segundo año de nivel secundario podrán ver la función **El Universo**, y en las próximas vacaciones de invierno nos proponemos estrenar un espectáculo para público infantil: **Una de piratas**, una historia que permitirá a chicos y grandes navegar por el Universo.

El público que asiste a las funciones es variado y queremos ampliar el alcance de nuestras propuestas. Por eso, también renovaremos el proyecto **Planetario para ciegos: El cielo para todos 3**, que tendrá un nuevo guión que propone un recorrido estelar diferente al de las versiones anteriores y una mejorada versión de los mapas táctiles del cielo con referencias en sistema Braille.

Pero el estreno más esperado se concretará en 2014, cuando presentemos el **primer espectáculo para público general íntegramente producido en nuestra institución utilizando las nuevas tecnologías**. Para lograrlo estamos trabajando en el guión y en la realización general.

**Y mucho más...**

Como el Planetario es un centro de las ciencias, donde el visitante no sólo puede sorprenderse con las funciones en la sala de espectáculos, sino también participar de otras actividades de divulgación científica, en 2013 también ofrecemos otras propuestas. Miles de personas han participado de nuestros cursos gratuitos en los últimos 12 años, y la gran convocatoria se renueva una vez más. **Astronomía general** y **Descubrir, observar y disfrutar el cielo** han comenzado sus clases en abril, y cuentan con las proyecciones en el domo como innovador recurso didáctico.

Las observaciones por telescopios que se realizan en la explanada del edificio, los viajes al campo para ver un mejor cielo y los eventos astronómicos a los que asisten miles de personas, son ya clásicas actividades que convocan a grandes y pequeños aficionados a la Astronomía. Sumamos también un novedoso taller que brinda asesoramiento para quienes tengan un telescopio y no lo sepan utilizar.

Además, el **Planetario itinerante** retoma sus visitas a las escuelas para generar intercambios y experimentación en conceptos científicos. En diferentes espacios del edificio se presentan muestras propias y de instituciones nacionales e internacionales que amplían la oferta cultural del Planetario. El público también disfruta

cada fin de semana de nuestra nueva **Plaza Astronómica**, en la que puede descubrir meteoritos y una variedad de objetos que permiten disfrutar desde lo visual y acceder a conceptos relacionados con la medición del tiempo, el movimiento aparente de los astros y la ubicación espacial terrestre y celeste.

Los tradicionales ciclos de conferencias comenzaron el 21 de marzo con el *Workshop de Astrofísica: El Universo de Pierre Auger*, organizado por la Embajada de Italia y la Comisión Nacional de Energía Atómica.

**Muchas actividades, muchos proyectos, mucho público**

2012 fue un año de inicio, de innovación, de vértigo y de emociones fuertes. 2013 presenta al Planetario el desafío del trabajo sostenido, de la concreción de los proyectos en marcha, de grandes ambiciones para un gran año. Las colisiones cósmicas son fuerzas universales de la naturaleza, creativas y destructivas, dinámicas y deslumbrantes. Están presentes en muchas cosas que damos por sentadas: en la Luna y en el Sol; en la Tierra y en los otros planetas. Han dado fin a la era de los dinosaurios y cambiaron el mapa del Cosmos, modelan las galaxias y dan a luz nuevas estrellas. Nuestra nueva función, *Colisiones Cómicas*, ofrecerá una visión extraordinaria y sin precedentes de estos eventos catastróficos y constructivos que dan forma a nuestro Universo. ■



# Sale Júpiter, entra Venus

La tapa de la edición número 4 de *Si Muove* estuvo dedicada a la primera de una serie de cuatro ocultaciones de Júpiter por la Luna. El 8 de septiembre, el 28 de noviembre y el 25 de diciembre de 2012, por una cuestión de alineación y perspectivas, desde nuestro punto de vista en la Tierra (más particularmente, desde casi todo nuestro país), la Luna pasó por delante de Júpiter y nos lo

tapó durante un buen rato. La última de esas ocultaciones se produjo en las primeras horas del 22 de enero, cuando a las 00:55 el planeta comenzó a ser tapado por nuestro satélite natural. Al menos desde Buenos Aires, todo se dio muy bajo, cerca del horizonte oeste, por lo que la reaparición, a la 01:52, fue apenas unos 15 minutos antes de que ambos se ocultaran. Estas cinco imágenes, realizadas por Mariano Ribas, corres-

ponden a los instantes previos y a la ocultación misma, que duró casi 2 minutos y que fue la última de Júpiter por la Luna hasta el 22 de febrero de 2023.

Casualmente, el próximo domingo 8 de septiembre habrá una nueva ocultación, en este caso, de Venus por la Luna. Todo se dará en excelentes condiciones para su observación, entre las 18:50 y las 19:53, y a una altura considerable sobre el horizonte. ■

22 de enero  
00:38 h



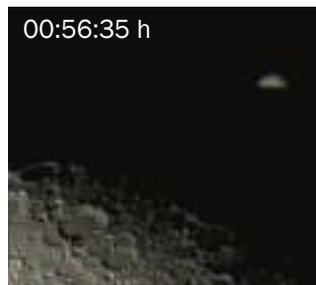
00:55:20 h



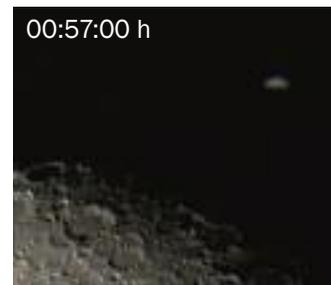
00:56:10 h



00:56:35 h



00:57:00 h



# Paisajes del cielo y de la Tierra

Muchas veces, las fotos de los objetos astronómicos pueden ser deslumbrantes, pero el aumento del telescopio, el zoom de la cámara o una larga exposición pueden quitar el marco de referencia para que quien la disfruta se sienta en perspectiva. Por eso decidimos incluir estas imágenes en nuestra galería, que mezclan paisajes astronómicos y terrestres, frutos de inspiración, trabajo y destreza de nuestros astrofotógrafos amigos.



Guillermo Abramson (Dr. en Física e investigador de CONICET) vive en Bariloche y disfruta de los cielos de montaña. Por eso y por ser un “entusiasta aficionado”, logra imágenes como ésta, donde sólo es necesario agregar que el cerro es el Catedral; el lago, el Nahuel Huapi; las luces, la ciudad de San Carlos de Bariloche; y el cometa, el Pan-STARRS.

Carla Pandiani es fotógrafa y alumna de los cursos del Planetario. En una de nuestras últimas salidas de observación a Yamay representó fielmente la oscuridad del lugar y la actividad que allí desarrollamos: descubrir el cielo a simple vista y con telescopios.





“La noche es el principal motor para recorrer caminos en busca de esa gran fotografía que algún día, o tal vez nunca, pueda llegar a tomar”. Desde el Observatorio Oro Verde, Entre Ríos, Germán Savor realizó esta serie de imágenes apiladas entre el atardecer y la noche cerrada del cielo circumpolar sur.



Alejandro Gangui (Dr. en Astrofísica e Investigador de IAFE/CONICET-UBA), tomó esta imagen de 28 minutos de exposición del cielo circumpolar norte, durante una visita al Parque Nacional del Teide (Tenerife, España). La formación rocosa conocida como Roque Cinchado aparece en primer plano y detrás, el volcán Pico Viejo. El par de estrellas brillantes por encima de la roca son Merak y Dubhe, de la Osa Mayor, y casi en el centro, Polaris.



Poco después de la puesta del Sol o antes de su salida, hacia el lado opuesto puede verse sobre el horizonte una banda de tono violáceo. Es la sombra de la Tierra proyectada en la atmósfera. Por encima brilla una franja rosada, llamada cinturón de Venus: es la luz solar rasante dispersada y enrojecida que se mezcla con el azul de la penumbra de la Tierra. En esta imagen de Carlos Di Nallo vemos a la Luna Llena justo sobre el cinturón de Venus, en el Río de la Plata.



Enzo de Bernardini y Rodolfo Ferraiuolo, autores del libro "Exótico Cielo Profundo", obtuvieron esta curiosa imagen desde la ruta 40, km 3021, cerca de San Rafael, Mendoza, el 9 de noviembre de 2008. Por razones más que obvias, la denominaron "Camino a Orión".

La moda de los dos cometas nos hizo olvidar de que hace poco más de un año también recibimos la visita del Lovejoy, un extraño cometa que mostraba una larguísima cola y parecía no tener cabeza. Ezequiel Bellocchio nos lo recuerda a través de esta excelente imagen, tomada en la madrugada del 23 de diciembre de 2011. Es un mosaico de 3 tomas de 20 segundos de exposición cada una, obtenidas desde el Observatorio Las Lechuzas en Mercedes, provincia de Buenos Aires



Del baúl de los recuerdos, Enzo de Bernardini y Alejandro Tombolini recuperaron este eclipse parcial de Sol del 11 de julio de 2010, cuya imagen fue lograda desde la localidad de Trenel, en La Pampa.



Reproducimos nuevamente la imagen de nuestra tapa, sin recortes, para poder apreciarla en toda su dimensión. Fue tomada el 5 de marzo por John Sarkissian, operador científico del radiotelescopio CSIRO Parkes, Nueva Gales del Sur, Australia, a quien le agradecemos su autorización para la publicación, como a todos los que colaboraron en esta sección.



SIEMENS | Fundación

Todos juntos podemos hacer la diferencia.

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

## Fundación Siemens reafirma su compromiso social.

Corporate Sustainability.

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

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



# MEADE®

## Telescopio astronomico ETX-LS LIGHTSWITCH

AHORA LA OBSERVACION ASTRONOMICA ES MAS FACIL



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

OPTICA-FOTOGRAFIA-VIDEO  
**cosentino**

Av. Pte. Roque Sáenz Peña 736 · Tel.: 4328-9120 · [www.opticacosentino.com.ar](http://www.opticacosentino.com.ar)



## Aeropuertos **Argentina 2000**

Aeropuertos Argentina 2000 nació en 1998 con el fin de administrar y operar 33 terminales aéreas dentro del territorio nacional, constituyéndose en el mayor operador privado del mundo. Hoy cuenta con más de 2.000 empleados, que trabajan con el objetivo de asegurar la mayor calidad de servicios y cumplir con los más altos estándares internacionales de calidad, seguridad y confort los 365 días del año.

A través del compromiso y valores de su capital humano, la compañía conecta al país con el mundo, operando el 98% del tráfico aerocomercial argentino. Asimismo, contribuye con el desarrollo social, económico y cultural del país, convirtiéndose en un referente regional e internacional de la industria aeroportuaria.

Dentro de su proceso de mejora continua de calidad, Aeropuertos Argentina 2000 ha establecido como política empresarial: modernizar, transformar y expandir la infraestructura y los servicios de las terminales aéreas, para conectar diferentes comunidades a través de una red eficiente y socialmente responsable, preservando el cuidado del medio ambiente.

[www.aa2000.com.ar](http://www.aa2000.com.ar)

**AA2000** ADMINISTRA DESDE  
1998 LOS 33 AEROPUERTOS  
DEL SISTEMA NACIONAL  
AEROPORTUARIO (SNA)

AA2000 HA SIDO  
CERTIFICADA POR



AA2000 ES  
MIEMBRO DE

