

# SIMUOVE

NÚMERO 10 - OTOÑO 2015



# Música bajo las estrellas

Diferentes géneros musicales interpretados en vivo por grandes artistas bajo el cielo estrellado del Planetario.

Foto: Andrea Anfossi



[www.planetario.gob.ar](http://www.planetario.gob.ar)



EN TODO ESTÁS VOS

Ministerio de Cultura

[www.buenosaires.gob.ar/agencia cultural](http://www.buenosaires.gob.ar/agencia cultural)

# SI MUOVE

Revista de divulgación científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei  
Av. Sarmiento 2601 - C1425FGA - CABA  
Teléfonos: 4772-9265 / 4771-6629

**NÚMERO 10 - OTOÑO 2015**

## STAFF

**Editora Responsable / Directora**  
LIC. LUCÍA CRISTINA SENDÓN

**Director Periodístico**  
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

**Director de Arte / Diseño Gráfico**  
ALFREDO MAESTRONI

**Secretario de Redacción**  
MARIANO RIBAS

**Redactores de esta edición**  
GUILLERMO ABRAMSON  
LEONARDO GONZÁLEZ GALLI  
PABLO GONZÁLEZ

**Colaboradores**  
Juan Carlos Forte, Carlos Di Nallo,  
Andrea Anfossi, Omar Mangini, Sergio Eguivar,  
Leonardo Julio, Adriana Fernández, Martín  
Langsam, Luciano Gabardi, Enzo de Bernardini,  
Ignacio Díaz Bobillo, Ezequiel Bellocchio,  
Alberto Russomando, Alejandro Antognoni.

**Correctores**  
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

**Foto de tapa**  
APL/NASA, 2006 (ver página 8).

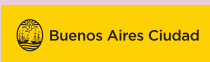
**Agradecimientos**  
Mathias Pedersen, FCAyG-UNLP,  
ESO, NASA, ESA y Galileo Galilei.

**Administración**  
GRACIELA VÁZQUEZ  
MARCELA BARBIERI

**Impresión**  
CILINCOP S.A. San Antonio 1035 - CABA  
4301-9306/9037-2805 cilincop@speedy.com.ar

**ISSN 2422-8095**

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



**Ministerio de Cultura**

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



Andrea Anfossi

## EDITORIAL

Comenzamos este año con el deseo de incorporar nuevas actividades y nuevos proyectos para ofrecerles a nuestros visitantes. Y como sucede en la vida, nos pasaron cosas muy buenas y otras dolorosas. Comencemos por las primeras. Durante fines de enero y marzo hemos realizado un ciclo que nos dio muchas satisfacciones y que nosotros también disfrutamos mucho: “Música bajo las estrellas”. La idea es que se interpreten en vivo diferentes géneros musicales bajo el cielo estrellado del Planetario, con el agregado de imágenes 3D a domo completo. Se trata de una propuesta diferente para atraer a otros públicos que tal vez no se sienten interesados por la Astronomía pero que pueden disfrutar buena música bajo las estrellas. Esta experiencia fue muy satisfactoria. “Tributo a los Beatles” fue mucho más que lo que esperábamos. Se realizaron 16 recitales a sala llena y todos nos regocijamos en un marco diferente al de las funciones astronómicas habituales.

Un tema que vale la pena mencionar y al que le hemos dedicado algunos artículos de este número es la expectativa despertada por la próxima llegada, después de nueve años de viaje, de la sonda *New Horizons* a Plutón en julio. Otros artículos de la revista destacados son el “reportaje” a Galileo Galilei y los Tesoros del Sur que nos muestra algunos objetos del cielo que observamos habitualmente por telescopios en nuestras salidas nocturnas a la granja ecológica Yamay.

Entre los acontecimientos dolorosos que vivimos quiero hacer un recordatorio especial para Carmen España, nuestra querida Carmencita, quien falleció repentinamente a los 30 años. Una muerte que nos conmocionó y que todavía no podemos superar. Carmen se desempeñaba en el sector de Atención a escuelas. Tuvo un desempeño excelente pero sobre todo se ganó el cariño y el afecto de todos sus compañeros. Siempre la recordaremos por su calidez, su alegría, su palabra de aliento, su generosidad y sus gestos de buena compañera. Querida Carmen siempre estarás en nuestro recuerdo.

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



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

## SUMARIO

**4** /// Imágenes astronómicas. **5-6** /// El cinturón de Fernández. **7-9** /// Plutón, muy cerca... **10-12** /// Por qué Plutón no es un planeta. **13-16** /// Sistema Solar. **17-18** /// Navegación espacial. **19-22** /// Reportaje exclusivo: Galileo Galilei. **23** /// Manchas solares. **24-25** /// Analema solar. **26** /// Eclipse de Luna. **27-31** /// Biología y extraterrestres. **32-35** /// Actividades del Planetario. **36-41** /// Galería astronómica. **42-46** /// Quasares.



Ignacio Díaz Bobillo

## Visita de verano

Como la mayoría de los cometas que se acercan al Sol durante el año, el **C/2014 Q2 (Lovejoy)** apareció sin demasiados anuncios de espectacularidad. A partir de diciembre de 2014 fue aumentando su efervescencia y nos permitió observarlo desde el campo, en un principio, con binoculares y pequeños telescopios; y luego, a comienzos de este año, a simple vista. A mediados de enero alcanzó su máximo esplendor tras un acercamiento a la Tierra de 75.000.000 de km, con una magnitud de 3,9 (cerca del límite para ser observado a simple vista desde la ciudad). A través de esta espectacular imagen realizada por Ignacio Díaz Bobillo el 20 de enero desde Barreal, provincia de San Juan, se puede apreciar el color verdoso de la coma del cometa, producido por la emisión de carbono diatómico ( $C_2$ ); más la cola de polvo y una larga cola iónica, mucho más tenue, con cambiantes estructuras de chorros, desconexiones, nudos y ondulaciones. El nombre del cometa es en honor a su descubridor, Terry Lovejoy, astrónomo amateur australiano, y la “manchita” que se ve por encima de la cabeza es la galaxia NGC 1156, en Aries.

Omar Mangini

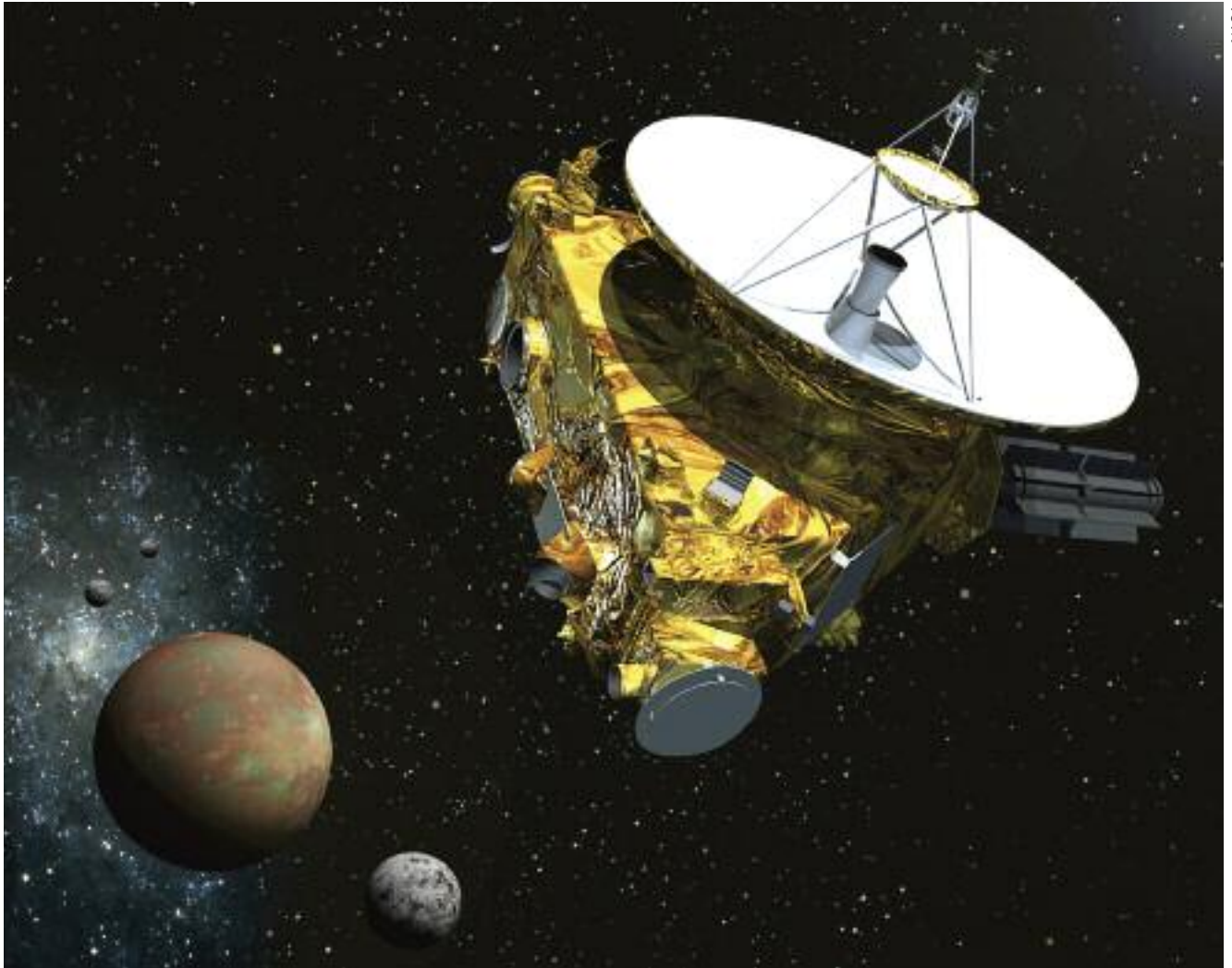


## Alto en el cielo

El satélite **ARSAT-1**, lanzado el 16 de octubre de 2014 y colocado en una órbita geoestacionaria a 36.000 km de la superficie terrestre, es el primero completamente diseñado, financiado, ensamblado y probado en nuestro país por ingenieros, técnicos y científicos argentinos. Presta servicios de telecomunicaciones, Internet y televisión digital, entre otros, y realizará varios experimentos científicos sobre la atmósfera y la radiación solar. Además, está al alcance de la fotografía astronómica, como muestra esta imagen realizada por Omar Mangini en la noche del 17 de noviembre de 2014 desde su observatorio en Caseros, provincia de Buenos Aires. Omar logró ubicar al ARSAT-1 a través del *Orbitron*, un programa que calcula las posiciones de los satélites. Luego apuntó su telescopio de 10 pulgadas para fotografiarlo cinco veces, con tomas de dos minutos de exposición cada una, para posteriormente apilarlas con otro programa de computadora. El ARSAT-1 es el punto blanco centrado en la imagen, y las rayas son el trazo que generan las estrellas a través del tiempo de exposición de la imagen, mientras gira la Tierra.

# El cinturón de Fernández

Por Dr. Guillermo Abramson, Instituto Balseiro y CONICET (División Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche. E-mail: [abramson@cab.cnea.gov.ar](mailto:abramson@cab.cnea.gov.ar). Web: [guillermoabramson.blogspot.com](http://guillermoabramson.blogspot.com)).



*Simulación de la sonda New Horizons llegando a Plutón.*

**E**n el helado abismo más allá de la órbita de Neptuno existe un numeroso enjambre de objetos similares a núcleos de cometas. Plutón es uno de ellos, pero hoy se conocen miles, y probablemente son cientos de miles o millones. En los próximos meses se hablará mucho de ellos. ¿Por qué? Porque el robot *New Horizons*, de la NASA, en viaje interplanetario desde 2006, alcanzará y explorará por primera vez el sistema de Plutón, para dirigirse luego a otro u otros de estos objetos trans-neptunianos. En 1930 Plutón, por ser el más brillante,

fue el primer miembro de este grupo en ser descubierto. El segundo llegó recién en 1992. Así que no fue sino hacia fines del siglo que tuvimos evidencia de su número plural. Pero los astrónomos ya lo sospechaban: impulsados por la fuerza de la lógica, la física y la matemática ya habían conjeturado su existencia.

En años recientes se ha comenzado a llamar a esta población de cuerpos menores del sistema solar *Cinturón de Kuiper*. Lo de cinturón es por analogía con el *Cinturón de asteroides*: la mayor parte ocupa órbitas parecidas, de manera que el

enjambre forma una especie de rosquilla en el plano de la eclíptica (en el que se encuentran las órbitas de los planetas). Pero el nombre no es del todo apropiado. Digámoslo de una vez para que quede bien clarito:

***El Cinturón de Kuiper debería llamarse Cinturón de Fernández.***

Gerard Kuiper<sup>1</sup> fue un influyente astrónomo holandés-norteamericano. En 1950 publicó



Gerry Kuiper revisando el Atlas Fotográfico de la Luna, preparado por él mismo en base a las observaciones de las sondas Ranger y Surveyor en los años sesentas. (Foto del Lunar and Planetary Laboratory, Universidad de Arizona).

un ambicioso artículo titulado *Sobre el origen del sistema solar*. En él argumenta que más allá de Neptuno debería haber habido, en la nebulosa de la cual se formaron los planetas, una gran cantidad de materia “condensable”, y que una parte de ella sería responsable de los cometas. Pero agrega que la acción de Plutón y Neptuno debería haber dispersado estos cuerpos rápidamente, formando una nube esférica ya sugerida por Oort, mil veces más lejana. Un artículo muy inspirador, que extiende sus argumentos para considerar inclusive la formación de sistemas planetarios alrededor de otras estrellas, y que concluye diciendo “*uno puede sólo especular acerca de las posibles formas de vida desarrolladas en estos numerosos y desconocidos mundos*”. Pero, como vemos, un artículo que esencialmente propone que **no** debería existir el cinturón que hoy ostenta su nombre. Kuiper volvió sobre el tema en 1974, en otro trabajo muy parecido, llamado *Sobre el origen del sistema solar, I*. Dice lo mismo sobre los cometas y hacia el final anuncia el contenido de la parte II, donde habría toda una sección dedicada al tema. Lamentablemente Kuiper murió durante unas vacaciones en México mientras la parte I estaba aún en prensa (según indica una notita agregada al final por los editores de la revista).

**¿Y Fernández?** Astrónomo uruguayo de la Universidad de la República, Julio

Ángel Fernández, en ese entonces en Madrid, publicó en 1980 un artículo titulado *Sobre la existencia de un cinturón de cometas más allá de Neptuno*. ¡Ajá! En las primeras líneas Fernández cita el antecedente de Kuiper, por supuesto. Discute que hay una sobreabundancia inexplicada de cometas de período corto (como el 67/P Churymov-Gerasimenko, alrededor del cual se encuentra actualmente en órbita la sonda europea *Rosetta*). Y desarrolla un argumento y un modelo físico para mos-

trar que debería existir un cinturón de objetos de hielo cuyas masas serían de alrededor de  $10^{21}$  kg orbitando a 40-50 unidades astronómicas del Sol. Precisamente el cinturón que hoy conocemos. Muchos astrónomos son conscientes de la injusticia del nombre. Pero me temo que durante los próximos meses, a medida que las observaciones de *New Horizons* empiecen a llegar y leamos en los diarios las novedades sobre el Cinturón de Kuiper, el nombre se instalará en la cultura popular y será inamovible. Sólo nos quedará recitar para adentro “*el Cinturón de Fernández...*”. ■

**1** Kuiper se pronuncia kóiper en holandés, pero los norteamericanos le dicen káiper.

## Referencias

Gerard P. Kuiper, *On the origin of the solar system. Proceedings of the National Academy of Sciences* (1951) 37:1-14.

Gerard P. Kuiper, *On the origin of the solar system, I. Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* (1974) 9:321-348.

Julio A. Fernández, *On the existence of a comet belt beyond Neptune. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (1980) 192:481-491.



Julio Ángel Fernández en una reunión de la Asociación Argentina de Astronomía.

FCAYG-UNLP

## EL OBJETIVO DE LA MISIÓN

# Plutón, muy cerca...

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



*Ilustración del Observatorio Europeo Austral (ESO) de un hipotético paisaje de Plutón. En el cielo se ve Caronte y, a lo lejos, el Sol.*

Pocas misiones espaciales han despertado tantas expectativas como *New Horizons*. Lanzada hace casi una década, la sonda de la NASA está a punto de llegar a Plutón. Un hito extraordinario de la Era Espacial. Un sueño compartido por varias generaciones de astrónomos profesionales y aficionados. A tan sólo semanas del histórico momento en que, por fin, conoceremos de cerca al famoso planeta enano, vamos a repasar los antecedentes de la misión, sus objetivos científicos y otros curiosos detalles.

**Y**a está muy cerca. Y ciertamente emociona. Porque esa máquina, la más veloz que jamás haya salido de la Tierra, carga en sus espaldas uno de los máximos sueños de la Era Espacial: verle la “cara” a Plutón. Desde su descubrimiento, en 1930, hasta hace apenas una década, el ex noveno planeta del Sistema Solar no fue más que un ínfimo punto de luz para los mejores instrumentos de la Tierra. Recién durante los últimos años, el Telescopio Espacial Hubble reveló, muy vagamente, ciertos detalles de su disco. Lo concreto es que aún hoy Plutón sigue siendo un

mundo del que poco y nada sabemos. Toda una deuda de la exploración espacial. A diferencia de Marte, Júpiter, Saturno o tantos otros habitantes de la comarca solar, el planeta enano **nunca** fue explorado. Pero esa deuda pronto será saldada: la nave se llama *New Horizons* (Nuevos Horizontes), y tras viajar durante más de nueve años por el espacio interplanetario, está por llegar a Plutón.

### El viaje

El 19 de enero de 2006, la NASA lanzó al espacio la *New Horizons* desde Cabo Cañaveral, Florida (EE.UU.), a bordo de

un cohete *Atlas V*, uno de los mejores lanzadores del mundo. Tras un despegue impecable, las primeras señales de la nave llegaron al centro de control, en el Laboratorio de Física Aplicada (APL) de la Universidad Johns Hopkins, en Baltimore, estado de Maryland. Allí estaba el Dr. Alan Stern, Principal Investigador de la misión, toda una eminencia en astronomía planetaria: “*New Horizons completará nuestro reconocimiento inicial de todos los planetas del Sistema Solar*”, decía el científico.

Un año más tarde la nave tuvo un fugaz e intencional encuentro con Júpiter: una

APL/NASA



Foto de tapa: lanzamiento del cohete Atlas V, que contenía a la sonda New Horizons, desde Cabo Cañaveral. Enero de 2006.

maniobra de “asistencia gravitatoria” que aumentó su velocidad a 75.000 km/hora (suficiente para viajar de la Tierra a la Luna en 5 horas). Así, *New Horizons* ahorró 5 años de viaje. Luego, la sonda entró en “hibernación electrónica”. Pero nunca

detuvo su velocísima marcha: en junio de 2008 cruzó la órbita de Saturno; en marzo de 2011, la de Urano; y en agosto de 2014, la de Neptuno. Durante esos años, los científicos sólo la “despertaron” algunas veces para ajustar su rumbo o para chequear y calibrar sus instrumentos. En julio de 2014, por ejemplo, su cámara/telescopio LORRI tomó imágenes de Plutón y Caronte (dos puntos de luz, apenas), estando aún a 420 millones de km de ambos.

### La recta final

El 6 de diciembre de 2014, después de viajar más de 4 mil millones de kilómetros, *New Horizons* despertó para no volver a dormir: empezaba la recta final a Plutón. En febrero y marzo, la sonda comenzó sus observaciones preliminares, destinadas a la calibración de instrumentos. Ya en mayo (al cierre de esta edición de *Si Muove*), y a 70 millones de kilómetros de Plutón, sus espectroscopios comenzaban a obtener datos más precisos sobre la composición de la superficie helada (básicamente, hielos de nitrógeno y metano) y de su escua-

lida atmósfera. Y como aperitivo, su cámara tomaba las primeras imágenes mínimamente detalladas de Plutón y de su gran escolta, Caronte; fotos muy tempranas que superarán claramente a lo mejor que hayamos visto hasta ahora, aquellas obtenidas en 2010 por el Telescopio Espacial Hubble.

### El encuentro

Hay fecha y hora exacta: el 14 de julio a las 8:49:59 (hora argentina), *New Horizons* pasará a 10 mil kilómetros de Plutón. Casi nada en términos astronómicos. Durante esos históricos momentos, sus siete instrumentos científicos exprimirán al máximo su potencial y transmitirán a la Tierra pilas de datos, empezando por lo más esperado: fotos precisas, preciosas e inéditas de la superficie de Plutón y Caronte. “Serán las mejores imágenes de Plutón de la historia, y seguramente mostrarán cráteres, zonas erosionadas y otras pistas que nos ayudarán a entender su presente y su pasado”, dice el Dr. Richard Binzel, del equipo de *New Horizons*.

La nave de la NASA también estudiará la estructura, composición y rango de temperaturas de los heladísimos terrenos de Plutón (en torno a los  $-230^{\circ}\text{C}$ ), y escrutará con ojo clínico su ínfima atmósfera de nitrógeno (que seguiría ciclos de congelamiento/sublimación). Los instrumentos de *New Horizons* podrían revelar vientos, “nevadas” de nitrógeno o quién sabe qué otros fenómenos meteorológicos. Además, la sonda investigará a Caronte (y su posible atmósfera), buscará nuevos satélites (se conocen 5) y hasta un

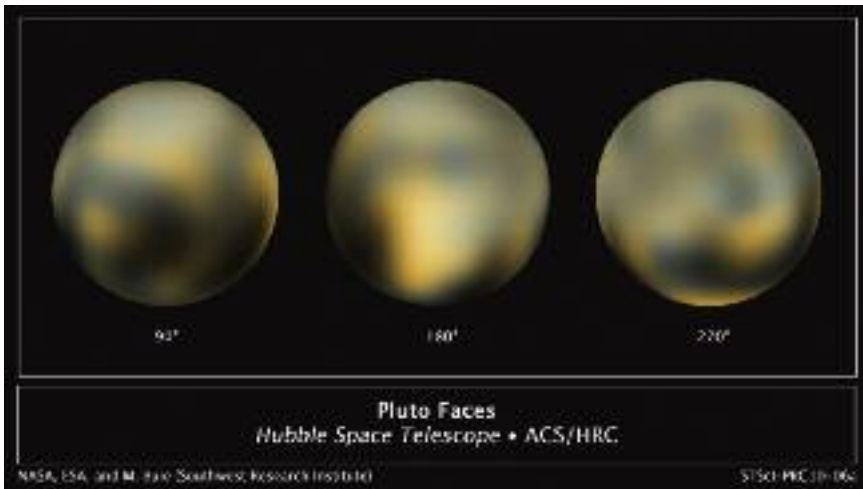


### Perfil de New Horizons

La sonda espacial *New Horizons* fue construida para la NASA por científicos del Laboratorio de Física Aplicada (APL) de la Universidad Johns Hopkins. Mide 2,5 metros de diámetro, pesa 465 kilos y lleva 7 instrumentos científicos: una cámara/telescopio de alta resolución (LORRI), un espectrómetro ultravioleta y uno infrarrojo (Alice y Ralph), dos sensores de plasma (PEPSSI y SWAP), un experimento de radio (REX) y un sensor de impactos de partículas de polvo (SDC). Para comunicarse con la Tierra tiene una antena de alta ganancia, y para obtener energía, cuenta con un generador termoelectrónico con 11 kilos de plutonio radiactivo. El costo total de la misión fue de 728 millones de dólares.

APL/NASA





Las mejores imágenes existentes de Plutón fueron realizadas por el Telescopio Espacial Hubble (NASA/ESA) en 2010. Pronto serán superadas.

posible sistema de anillos plutoniano. La misión no terminará con el máximo acercamiento a Plutón. Las observaciones continuarán durante las semanas siguientes. El volumen total de datos e imágenes será tan grande que *New Horizons* tardará meses en procesarlos y transmitirlos gradualmente a la Tierra.

### ¿Por qué ir a Plutón?

Actualmente, los astrónomos planetarios definen tres regiones del Sistema Solar: una **interna**, donde están los planetas de roca y metal y el cinturón de asteroides; una **media**, habitada por los planetas gaseosos; y una más vasta región **externa**, donde están Plutón, Eris, Makemake, Haumea y tantos otros “enanos de hielo”. Las dos primeras regiones han sido –y siguen siendo– muy bien exploradas por decenas de naves espaciales. Pero la tercera es todo un misterio, un mar de reliquias heladas que datan de los primeros tiempos del Sistema Solar. “Vamos a Plutón para explorar una nueva clase de planeta, que no es gaseoso ni terrestre, sino un enano de hielo que forma parte de la más populosa clase de objetos que orbitan al Sol”, explica el Dr. Alan Stern. “Pero también vamos a estudiar una región que tiene mucho que ver con los orígenes del Sistema Solar”.

### Más allá...

Viajar a Plutón es viajar al Cinturón de Kuiper. No olvidemos que el planeta enano es parte de esa región externa del Sistema Solar: un colosal y grueso anillo de incontables escombros helados que empieza inmediatamente después de la órbita de Neptuno y se extiende, al menos, varios miles de millones de kilómetros más allá de Plutón. Hoy en día se conocen unos 1500 objetos del Cinturón de Kuiper (conocidos por la sigla KBOs), bolas de hielo y roca que, en su mayoría, sólo miden decenas a cientos de kilómetros de diámetro (aunque hay algunos mucho más grandes, como el propio Plutón, de 2360 km de diámetro; o Eris, el mayor de los KBOs

conocidos). Es muy poco lo que se sabe de todos estos lejanos munditos. Por eso, si *New Horizons* goza de buena salud tras su histórica cita, la NASA extenderá la misión: entre 2016 y 2020 la nave se acercará a uno o dos habitantes más de ese vastísimo y helado imperio anular.

### Una carga muy especial

Esta inédita aventura espacial tiene un costado no tan conocido. Dos detalles cargados de un poderoso simbolismo. En un rincón de la nave viaja un CD donde están grabados los nombres de 430 mil personas de todas partes del mundo, inscriptos a lo largo de 2005 en la página web de la misión. Allí está, por ejemplo, el nombre de Marco Ribas, un niño que sólo tenía 9 meses cuando *New Horizons* partió de la Tierra, y que ya habrá cumplido 10 años cuando la sonda llegue a Plutón, el 14 de julio.

Pero hay otro detalle: en un rincón de la nave hay una latita circular que contiene las cenizas de Clyde Tombaugh (1906-1997). Es el mejor homenaje para aquel granjero de Kansas que, de muy chico, se hizo astrónomo amateur y, un buen día, a comienzos de 1930, descubrió un nuevo mundo en las profundidades más recónditas del Sistema Solar. Muy pronto, Clyde se encontrará con su histórico descubrimiento, y nosotros viviremos un extraordinario momento de revelación. Plutón ya está muy cerca. ■



La nave *New Horizons* en el Laboratorio de Física Aplicada (APL/NASA).

# Por qué Plutón no es un planeta... y nunca lo fue

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



*“Pobre Plutón”. Gentileza del artista danés Mathias Pedersen (mathiaspedersen.com).*

La destitución del que fue considerado durante mucho tiempo como el noveno planeta no fue un camino fácil de recorrer. Los científicos siempre lo supieron, pero lo difícil fue convencer al público de que Plutón no es como los ocho planetas del Sistema Solar. Su lugar, su tamaño, su composición, su órbita... nada encaja en la definición de planeta, que debió ser revisada y modificada para poner las cosas medianamente en su lugar.

Cuando Plutón fue descubierto en 1930, la mayoría de los astrónomos hacía referencia a él como un “objeto trans-neptuniano”, es decir, más allá de la órbita de Neptuno, independientemente de las definiciones que luego se aplicarían a la palabra planeta y a la búsqueda de qué nomenclatura le cabría al propio Plutón. De alguna manera, se instalaba la idea de que el Sistema Solar no se acababa en Neptuno, y de que más allá quedaba todo por ser hallado. El tiempo pasó y la ausencia de nuevos planetas descubiertos a lo largo de déca-

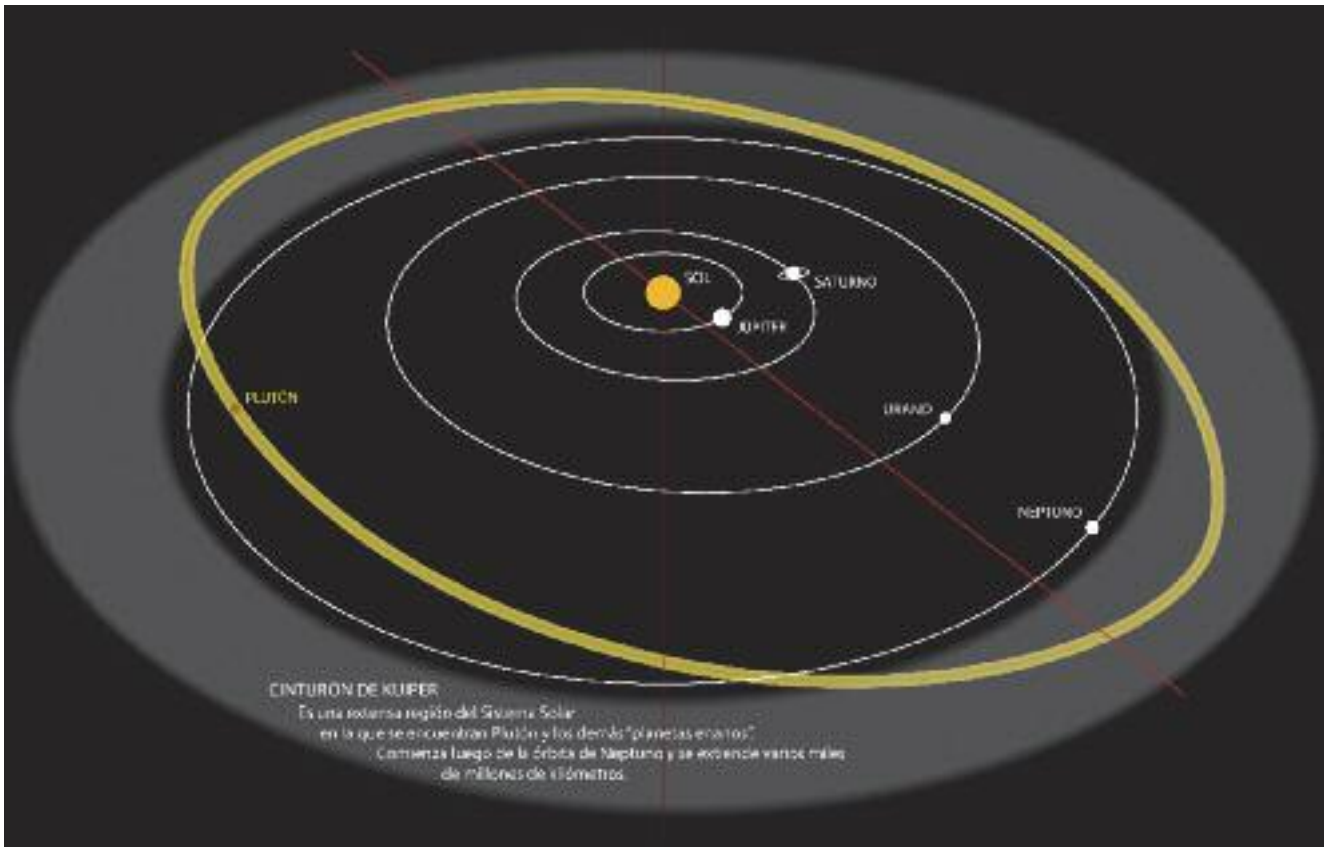
das dejó en el imaginario popular el concepto, simple y sin una refutación demasiado convincente, de que se trataba del noveno y último planeta. El hecho de que Plutón haya sido el único “planeta” descubierto por un astrónomo (amateur) norteamericano colaboró en la popularización de la idea. Los libros y los manuales de escuela lo mostraron durante el resto del siglo XX y los primeros años del XXI, efectivamente, como el noveno planeta. Pero al menos su órbita se dibujaba metiéndose entre la del planeta anterior, ya que es tan elíptica que en determinados momentos Plutón se encuentra más

cerca del Sol que Neptuno.

Ése era el primer indicio de que no se trataba de un objeto con las mismas características que los otros ocho. Además, Plutón era el más pequeño y el más desconocido; sobre todo, cuando las naves *Voyager* visitaron Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Plutón no quedaba en sus itinerarios y habría que esperar mucho tiempo hasta que se decidiera enviar una sonda hasta allí.

## Un antes y un después

En 2006 ocurrieron dos cosas relevantes. Partió la sonda *New Horizons* hacia el le-



*La órbita de Plutón está más inclinada, con respecto al plano del Sol, que las de los planetas, y es tan elíptica que, entre 1979 y 1999 se encontraba más cerca del Sol que Neptuno.*

jano Plutón y, casi al mismo tiempo, se lo cambiaba a la recientemente inventada categoría de "planeta enano".

El avance de la ciencia en los últimos tiempos hacía presentar un panorama completamente distinto al de 1930. Más allá de lo que dijeran los libros (en ciencia, todos pueden ser revisados, corregidos y actualizados), la mayoría de los astrónomos e investigadores no consideraba a Plutón como un planeta. No sólo su órbita y su tamaño no tenían mucha relación con los otros ocho, sino que **con el tiempo se empezaron a descubrir muchos otros objetos en un sector externo del Sistema Solar en el que, justamente, se encuentra Plutón:** el Cinturón de Fernández (para algunos, incluyendo el 99,99% de la comunidad astronómica, aún llamado Cinturón de Kuiper). Objetos pequeños (en relación a los planetas), congelados, con órbitas mucho más elípticas e inclinadas. Eran mucho más parecidos a grandes cometas que a planetas. Y Plutón estaba en ese sector y compartía esas características. Además, los descubrimientos de planetas

extrasolares y de planetas "huérfanos" (sin ninguna estrella alrededor de la cual girar) hacían tambalear cada vez más la definición tradicional de "planeta", nunca antes revisada.

Pero había otra característica compartida entre Plutón y los demás objetos transneptunianos que los hacía diferentes. Así como Ceres fue cambiado de categoría (pasó de planeta a asteroide –y ahora, a "planeta enano"–) por encontrarse en un sector del Sistema Solar en el que no domina su entorno, y por no haber limpiado su órbita de otros competidores (expulsándolos o incorporándolos por acreción a su propia masa); Plutón y los demás objetos del Cinturón de Fernández/Kuiper tampoco lo han hecho: se encuentran en uno de los "cinturones" del Sistema Solar y comparten su entorno con otros cuerpos. Incluso, Plutón posee varios satélites (al menos, así considerados hasta hace poco), pero que por sus masas (especialmente Caronte, de un diámetro de 1200 km, contra los 2360 de Plutón), no cumplen con las características de los planetas con respecto a sus satélites: podría decirse

que Plutón es el más grande de un grupito de al menos seis cuerpos, todos girando en torno a un centro de masa en común, alrededor del Sol, con una órbita muy excéntrica e inclinada en el Cinturón de Fernández/Kuiper.

### Demasiado ego

Hasta aquí las características actualizadas de Plutón y sus acompañantes. Mucho más podrá decirse a partir de julio, cuando la *New Horizons* comience a enviar imágenes jamás vistas. Pero la ciencia está manejada por seres humanos, lo que incluye intereses muy humanos; a veces, lógicos; otras veces, insólitos.

Ceres fue considerado un planeta durante cien años. Pero cuando se lo cambió a la categoría de asteroide (lo que significa "parecido a una estrella", o al menos así lucía a través de un telescopio en 1801), no parece haber generado demasiado revuelo. Con Plutón fue muy distinto. En una asamblea de la Unión Astronómica Internacional (IAU) de agosto de 2006, en Praga, República Checa, se decidió, luego de acaloradas



*El Cinturón de Kuiper es una región externa del Sistema Solar, un anillo de incontables escombros de roca y hielo, que empieza inmediatamente después de la órbita de Neptuno y se extiende, al menos, varios miles de millones de kilómetros. Hoy se conocen unos 1500 objetos del Cinturón. La mayoría sólo mide decenas a cientos de kilómetros de diámetro, aunque hay algunos mucho más grandes, como Plutón, de 2360 km de diámetro; o Eris, el mayor conocido, de 2400 km. Sin embargo, el Sistema Solar no se termina allí. A un año luz del Sol, aproximadamente, se encuentra el borde externo de la Nube de Oort, una hipotética “nube” de núcleos cometarios que rodea al Sol en forma esférica, y que demarca también el borde externo del Sistema Solar.*

discusiones, el cambio de rótulo de Plutón. Allí se pactó la nueva definición de “planeta” gracias a una propuesta de los astrónomos uruguayos Julio Fernández (sí, el mismo del Cinturón de Fernández) y Gonzalo Tancredi. Su moción decía que un planeta, además de girar directamente alrededor del Sol y de que su masa fuera suficiente como para tener una forma esférica, debía haber “limpiado su entorno” en sus épocas de formación debido a su masa. Ceres no cumple esa condición por estar en el Cinturón de asteroides; tampoco Plutón ni los demás objetos del Cinturón de Fernández/Kuiper.

La mayoría de la comunidad astronómica estuvo de acuerdo con esta definición. Pero algunos astrónomos norteamericanos, sumados al interés de las autoridades de la IAU, ensayaron una protesta

y propusieron recategorizar a Plutón como planeta, subirlo a la categoría de “planeta doble” y hasta nombrar a los objetos del Cinturón de Kuiper como “plutones”, “plutonoides” o “plutonios”. Sólo el enojo manifiesto de Julio Fernández y su insistencia en respetar lo que se había acordado, pudo con-

*Plutón y sus cinco acompañantes conocidos hasta ahora. Se ha reducido el brillo de Plutón y Caronte (Charon, en inglés) para que puedan ser visibles Hydra, Nix, P4 y P5.*

tra el exceso de protagonismo que había ganado Plutón y con los intereses poco profesionales de los astrónomos norteamericanos, a los que se les “caía” el único planeta descubierto por un compatriota suyo.

A nadie le gustó la nueva nomenclatura de “planeta enano”. Se está nombrando planeta a algo que no lo es. Una persona enana sigue siendo una persona. Un árbol enano, sigue siendo un árbol. Pero un “planeta enano” no es un planeta. Como sea, es lo mejor que se pudo negociar. En casi una década, la definición de planeta (ver artículo siguiente) no ha vuelto a ser discutida ni modificada. Quizás, a partir de julio y con nuevas pruebas en la mano, el tema resurja.

Lo que es importante aclarar cuando nos preguntan **qué le pasó a Plutón**, es que **no le ocurrió absolutamente nada**; que allí está, donde siempre estuvo, y que sigue siendo igual que antes: pequeño, helado y su órbita está mucho más inclinada y ovalada que la de los planetas. Que se parece más a un gran cometa que a un planeta. El tema se instaló debido a los nuevos descubrimientos, especialmente, de otros objetos (miles, quizás millones) en el sector del Sistema Solar donde se encuentra Plutón. Pero sobre todo, por nuestra insistente necesidad humana de ponerle nombre y categorizar a las cosas. ■



# Así en la Tierra como en el cielo

Por Guillermo Abramson.

**¿Qué es un planeta?** Muchas veces, cuando uno se empeña en clasificar las cosas en cajas, la naturaleza insiste en que las fronteras son difusas. Por supuesto, en ocasiones no cabe duda: Júpiter es un planeta, el Sol es una estrella, la Vía Láctea es una galaxia. Pero veamos la cambiante historia de los planetas de nuestro sistema solar...



**1542.** Todo el mundo sabe lo que es un **planeta**. Sin alumbrado público, a nadie que mire el cielo se le escapa que hay siete cuerpos celestes que se mueven con respecto a las estrellas. Se los conoce desde hace miles de años. Son los **siete vagabundos**: el **Sol**, la **Luna**, **Mercurio**, **Venus**, **Marte**, **Júpiter** y **Saturno**. Uno por cada día de la semana (sábado y domingo cambiaron de patrono en el camino, pero en inglés todavía se los reconoce).

*Sistema geocéntrico.*

**1543.** Nicolás Copérnico publica un libro que pone todo patas arriba. Este cura polaco explica que esos movimientos son un efecto de perspectiva desde nuestro punto de observación. Planeta, lo que se dice planeta, hay que decirles a los que orbitan el Sol, que es tan grande y tan brillante que *obviamente* ocupa un lugar especial en el sistema del mundo. Y la Tierra es uno de ellos, aunque parezca mentira. Y la Luna no, sino que gira alrededor de la Tierra.



*Sistema heliocéntrico.*

**1780.** Han pasado siglos desde la Revolución Copernicana. Todo el mundo sabe lo que es un planeta: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter o Saturno. Son **seis**. El Sol y la Luna no, obvio.



**1781.** William Herschel, músico talentoso, descubre un **séptimo planeta**. El quinto y más grande llevaba el nombre del rey de los dioses, y el sexto, hasta entonces el más lejano, el de su padre. El nuevo vagabundo recibió (después de años de debate con matices políticos) el nombre del más antiguo de los dioses griegos: **Urano**. Todo el mundo sabe lo que es un planeta: uno de los siete vagabundos conocidos, o alguno de los que seguramente se seguirán descubriendo gracias al uso de los telescopios.

**1789.** Un nuevo metal, apenas descubierto, recibe el nombre de **uranio**, basado en el del nuevo planeta.



**1801.** El Padre Piazzi, sacerdote napolitano, descubre el **octavo planeta**, orbitando entre Marte y Júpiter. Le ponen el nombre de **Ceres**, una diosa olímpica importante.

*La imagen más reciente de Ceres, tomada por la sonda Dawn (NASA) en febrero de 2015.*

**1802.** El Dr. Olbers, médico alemán, descubre el **noveno planeta**, que recibe el nombre de **Pallas**, por uno de los nombres de Atenea, la diosa sabia.

**1803.** Se descubren nuevos elementos químicos. La más abundante de las tierras raras recibe el nombre de **cerio** para agasajar el descubrimiento del sacerdote italiano. Un metal plateado es bautizado **paladio**. ¿Se estará estableciendo una tradición?

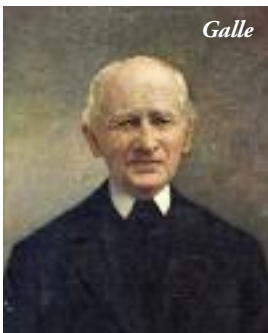
**1804.** Se descubre el **décimo planeta**, **Juno**. Como corresponde, recibe el nombre de una diosa importante, hija de Saturno, hermana y esposa de Júpiter, madre de Marte. ¡A la pipeta!

**1807.** El mismo Olbers descubre el **décimoprimer planeta**, nombrado **Vesta**, de acuerdo a la tradición mitológica. Pero los dioses importantes empiezan a escasear.

**1808.** Los químicos empiezan a sospechar. ¿Qué es un planeta? ¿Un vagabundo entre las estrellas del cielo? ¿Un cuerpo en órbita solar? ¿Cuántos más descubrirán? ¿Qué raros los planetas octavo a décimoprimer, ¿no? Están medio amontonados entre Marte y Júpiter, ¡y son tan chiquitos! Por las dudas, empiezan a economizar nombres de elementos. Nada de “junio” ni “vestio”.



*Le Verrier*



*Galle*



*Couch Adams*

**1846.** Le Verrier, Galle y Couch Adams descubren el **décimosegundo planeta**. ¡Ah, este sí es un planeta hecho y derecho! Lo llamaremos **Neptuno**, un dios súper importante que nos había quedado en el tintero. A ver qué hacen los químicos.

**1870.** Dimitri Mendeleev ordena los elementos químicos en su famosa tabla. Hay algunos huecos. ¿Qué hacer? Además de Neptuno, ¡se han descubierto más de un centenar de planetas pequeños! No hay tantos elementos químicos nuevos. Son tiempos confusos. William Herschel había propuesto que se los llamara **asteroides**, y nadie está seguro de qué es un planeta y qué no lo es. Pero Neptuno definitivamente se merecía un elemento. Mendeleev, mientras tanto, se retira de la vida académica para encontrar la fórmula del vodka perfecto.



**1900.** La situación de los planetas empieza a normalizarse. Sin necesidad de un pronunciamiento oficial, el sistema solar pasa a tener **ocho planetas**. Ceres, planeta por cien años, ya no lo es. Ceres y el enjambre de asteroides, se reconoce, son algo distinto. Son vagabundos en el cielo, sí señor; orbitan el Sol, sí; pero están muy amontonados y son muy chiquitos. Planetas son planetas, qué embromar.



**1930.** Clyde Tombaugh descubre el **noveno planeta** del sistema solar. ¡Había más, entonces! **Plutón**, como se lo llamó apropiadamente (un dios importante, y además un nombre que empieza con “PL”, las iniciales de Percival Lowell, el rico aficionado que impulsó su descubrimiento)... Plutón, decía, está más allá de Neptuno. Bueno, la mayor parte del tiempo al menos. Fenómeno: no es un asteroide. Es chiquito, eso sí (aunque al principio se pensó que era grande como la Tierra), y con una órbita medio rara, pero bueno. Ya estábamos necesitando un planeta.

**1940.** Finalmente se hace justicia: se designa con el nombre de **neptunio** al primer elemento trans-uránico, ocupando uno de los huecos de la tabla de Mendeleev.

**1941.** En un artículo enviado a *Physical Review* se bautiza como **plutonio** un nuevo elemento. Parece que primero consideraron “plutio”, pero sonaba medio mal. Así que fue plutonio. El *paper* es retirado por los autores antes de su publicación porque se descubre que uno de los isótopos del plutonio serviría para fabricar bombas nucleares (que finalmente se usaron para arrasar Hiroshima y Nagasaki). Así que el plutonio y su nombre no alcanzan estado público sino hasta después de la Guerra Mundial.

**1991.** Todo el mundo sabe lo que es un planeta. De niños aprendemos en la escuela a recitar rápido de memoria: Mercurio Venus Tierra Marte Júpiter Saturno Urano Neptuno y Plutón. Una lista que termina con una palabra aguda, dando una sensación de completitud y seguridad difícil de ignorar. Plutón hasta tiene un satélite, Caronte. ¡Qué bonito!

**1992.** David Jewitt y Jane Luu descubren el segundo de los objetos trans-neptunianos, designado provisoriamente **1992 QB<sub>1</sub>**, ¡sesenta y dos años después de Plutón! ¿Se repetirá lo que pasó con los asteroides? Veinte años no es nada, pero sesenta y dos años es mucho tiempo. Plutón es un planeta es un planeta es un planeta. No vengan con cosas raras. Al pobre vagabundo nuevo no le ponen siquiera un nombre, y lo llaman simplemente QB<sub>1</sub>, pronunciado **Kiubiwán** (no confundir con Obi-Wan Kenobi). Lleva el número de orden 15760, una lista de “cuerpos menores” que empieza con 1 Ceres.



**2005.** Mike Brown descubre el **décimo planeta** (así fue anunciado), **2003 UB<sub>313</sub>**. Su número de orden es 136199. Apenas 12 años han pasado desde QB<sub>1</sub>, pero el número de cuerpos menores ha explotado a cientos de miles. El nuevo trans-neptuniano parece ser más grande que Plutón. Caramba. ¿Qué era un planeta?

**2006.** Nadie está seguro de lo que es un planeta. Mike Brown y su equipo han descubierto cantidad de objetos trans-neptunianos. Ya es evidente que existe un segundo cinturón de objetos menores en el sistema solar, algo que había propuesto (o no, ver la nota en la página 5) un astrónomo llamado Kuiper, así que se lo empieza a llamar **Cinturón de Kuiper**. Y que Plutón,



*Lucy Lawless protagoniza a Xena, la princesa guerrera.*

el noveno planeta, debería ser reclasificado como miembro de este nuevo enjambre. El nombre “de entre casa” de  $UB_{313}$  había sido **Xena** (sí, la princesa guerrera de la tele), y tiene un satélite, que llamaban **Gabrielle**, como la amiga de Xena. Hubieran sido nombres buenísimos, y hasta Xena empieza con X, décimo numeral romano y excelente nombre para el mítico planeta X. Es mitología televisiva, ¡pero estamos en el siglo XXI! Después de todo Plutón tiene el nombre de un dibujo animado (el perro Pluto; en castellano usamos formas distintas del mismo nombre, pero en inglés son iguales). Pero para su designación oficial Mike Brown eligió **Eris**: la diosa de la discordia. También es un buen nombre, que refleja el estado de discusión que se desató acerca de si era o no un planeta y qué hacer con Plutón. El satélite de Eris recibió el nombre de **Disnomia** (“sin ley”), hija de Discordia. En inglés “sin ley” se dice *lawless*. ¿Y cómo se llama la actriz neocelandesa que protagonizaba a Xena? Lucy Lawless. Todos contentos.

**Agosto de 2006.** La Unión Astronómica Internacional, tras acalorado debate (en el que jugó un papel protagónico el astrónomo uruguayo Julio Ángel Fernández, ver página 5), decide retirar a Plutón de la lista y dar una definición de lo que es un planeta. Pero a veces las definiciones confunden más que lo que aclaran...

**El sistema solar tiene ocho planetas**, y seguramente no más que ocho. Menos mal, porque todos los elementos químicos de la tabla periódica ya tienen nombre.



**EN INTERNET**

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



## NAVEGACIÓN ESPACIAL

# Hacia las estrellas

Por Pablo Martín González, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo.



¿Cómo es posible orientarse en el espacio? Para aventurarse en este ambiente hostil, se necesitan herramientas tecnológicas que asistan al navegante. Increíblemente, uno de los primeros instrumentos usados para atravesar los mares sigue estando vigente.

Para viajar sobre la superficie terrestre sólo debemos fijar el destino y tener alguna referencia visual para guiarnos. En el mar, si nos alejamos de la costa perdemos nuestra referencia. Antiguamente, los navegantes utilizaban dos aparatos para fijar su posición: un sextante para medir ángulos en el cielo y un reloj, además de las cartas de navegación. El sextante les permitía saber el ángulo que formaban algunas estrellas de referencia sobre el horizonte. De esta forma determinaban cuán al norte o al sur se encontraban y fijaban su latitud. El reloj de a bordo, ajustado a la hora del puerto de salida, indicaba cuán al oeste o al este se encontraban, ya que la diferencia entre el mediodía en la nave y lo que indicaba el reloj permitía el cálculo de la longitud.

Es sorprendente que la navegación espacial se asemeje tanto a lo que hacían antiguamente los marinos y dependa fundamentalmente de la medición de ángulos y tiempos. Pero en el espacio las dificultades se multiplican: el movimiento en tres dimensiones, la falta de referencias, las enormes velocidades y distancias, y el hecho de

viajar la mayor parte del tiempo sin impulso propio dificultan las tareas.

## Objetivo: salir de nuestro planeta

La navegación espacial consiste esencialmente en saber en qué posición estamos y dónde se encuentra nuestro destino, aunque las reglas que se aplican en la vida cotidiana para esto difieren un poco: nuestro objetivo está en movimiento continuo y la trayectoria de nuestra nave sigue las leyes de Kepler y Newton. Por lo tanto, debemos movernos hacia el lugar donde estará el objeto celeste cuando completemos el viaje, siguiendo una trayectoria curva.

La velocidad dada desde su partida pone a la nave en el mismo plano orbital de nuestro planeta, llamado eclíptica. Afortunadamente, los objetos principales de nuestro Sistema Solar se encuentran en ese plano. De otra forma, habría que invertir una gran cantidad de energía para cambiar el plano orbital. Es de vital importancia determinar la dirección y la velocidad de inyección<sup>1</sup> en la trayectoria deseada, ya que un pequeño error ocasiona, a lo largo del tiempo y a enormes velocidades, diferencias de

miles de kilómetros. Los errores deben corregirse cuanto antes, debido a que la cantidad de combustible en la nave es limitada. Un sistema de navegación lo más preciso y rápido posible es esencial a bordo.

## La navegación

La medición estricta del tiempo es necesaria para asegurar que el momento del encuentro entre los dos cuerpos coincida. El hecho de que la mayor parte del viaje se hace en forma inercial, es decir, “deslizándose” sin impulso, implica que cualquier desviación del curso debe ser inmediatamente corregida. Es por esto que la medición de ángulos entre estrellas de referencia tiene que ser muy precisa. Los sextantes utilizados en navegación espacial no difieren mucho de los usados antiguamente, salvo en el hecho de que los registros se realizan empleando computadoras. Una versión moderna de los sextantes son los rastreadores de estrellas (*star trackers*), compuestos básicamente por una cámara electrónica y una unidad de procesamiento. A partir de una imagen del cielo, el programa cargado en la unidad realiza la identificación de las estrellas me-

## UNA CORRECCIÓN PARA LA NASA

El robot interplanetario Galileo, lanzado al espacio en octubre de 1989 con destino a Júpiter, llevaba a bordo un sistema de orientación basado en un catálogo de estrellas brillantes. Se habían seleccionado aquéllas que mostraran un brillo constante a lo largo del tiempo. En uno de los procedimientos de orientación de junio de 2000, el instrumento no reconoció a una estrella, Delta Velorum, y los ingenieros pensaron que el aparato había fallado. Sin embargo, la estrella había sido reportada por el especialista argentino en estrellas variables Sebastián Otero como variable eclipsante, es decir, una estrella que cambia su brillo por la interposición de otro astro que la orbita. De esta forma pudo despejarse la incógnita del supuesto fallo del rastreador de estrellas.

dianete una comparación frente a un catálogo estelar almacenado en la memoria. Las estrellas de este catálogo deben ser cuidadosamente elegidas entre las más brillantes, y se debe verificar la invariabilidad de su brillo (ver *Una corrección para la NASA*). De esta comparación se obtiene la información de la actitud<sup>2</sup> (orientación o posición relativa) del vehículo espacial. La nave cuenta con magnetómetros y escáneres de horizonte que sirven si la nave se encuentra en órbita terrestre, ya que ayudan en la determinación de la orientación. Pero la navegación necesita otros auxiliares: un dispositivo muy utilizado es el giróscopo, un mecanismo giratorio que mantiene su posición relativa interna y registra los cambios de orientación. Necesita de una referencia externa y consume mucha energía. Su uso debe estar debidamente justificado.

Una vez medido el ángulo con bastante exactitud, se define un cono de posición, que se completa con las medidas de tiempo y velocidad tomadas a bordo. Esto establece la posición de la nave en el espacio, dentro de los límites de los posibles errores de medición. Para reducir la incertidumbre de estos valores se emplean distintos medios. Las mediciones de los tiempos en los que la nave envía o recibe una señal desde la estación de control terrestre (*downlink* y *uplink*) y su corrimiento por efecto Doppler<sup>3</sup>, determinan la velocidad y la distancia. Además, puede utilizarse para la órbita terrestre el sistema de GPS para completar la información y disminuir incertidumbres.

### Perturbaciones

La actitud tiende a ser modificada en forma permanente durante el viaje debido a perturbaciones de distintos orígenes. La presión de radiación causada por el viento solar

desvía, a lo largo del tiempo, el trayecto y la posición. Otros factores menos importantes son el gradiente gravitatorio, ya que la fuerza de atracción de las distintas masas de la nave respecto a un cuerpo mayor, como un planeta, originan desviaciones no deseadas; y el momento magnético, que tiende a alinear las partes metálicas y los cables con el campo magnético planetario. Estas dos últimas perturbaciones son más importantes para viajes orbitales y no para trayectos interplanetarios. Además de las perturbaciones externas, otros factores tienden a desestabilizar la nave, como el encendido de motores y los movimientos de mecanismos internos.

Para compensar todas estas causas de desvíos se deben utilizar actuadores, pequeños motores químicos que expulsan materia para corregir la trayectoria y la actitud. Asimismo, pueden emplearse ruedas de inercia, que se aceleran o desaceleran para generar pares de fuerzas y realizar pequeñas rotaciones.

### Faros interestelares

En el futuro no tan lejano tal vez nos aventuremos por el espacio profundo. En este caso, la navegación necesitará otros auxiliares. Un nuevo sistema de dirección basado en el aprovechamiento de las estrellas de neutrones está siendo investigado por la NASA. Se ha seleccionado la misión NICER (Neutron - star Interior Composition Explorer), cuyo objetivo principal es indagar acerca de la composición interior de las estrellas de neutrones pulsantes, llamadas comúnmente púlsares.

Estos objetos giran rápidamente y emiten, desde sus polos magnéticos, potentes haces de radiación que podrían servir como faros interestelares al parpadear en intervalos de milisegundos. Debido a esas pulsaciones predecibles, son relojes celestes extremadamente fiables y pueden proporcionar alta precisión de tiempo, como lo hacen las señales de reloj atómico de los satélites del sistema GPS. Los telescopios de rayos X de esta misión medirán desde el espacio, con una exactitud sin precedentes, estos intervalos y permitirán evaluar el desarrollo de un instrumento NICER/SEXTANT, que aproveche los púlsares como radiofaros para la navegación interestelar. Esta tecnología será fundamental para aventurarnos a dar los primeros pasos entre las estrellas. ■

**1 Velocidad de inyección:** velocidad necesaria para un cambio de órbita.

**2 Actitud:** orientación de una nave en el espacio respecto de un sistema de referencias arbitrario.

**3 Efecto Doppler-Fizeau:** cambio en la frecuencia de una onda que se desplaza respecto de un observador. Cuando el frente de ondas se acerca al observador, la frecuencia aumenta; si se aleja, disminuye. (Ver el artículo de quasares).

**El autor:** Pablo M. González es ingeniero mecánico y docente en la UTN en Diseño Mecánico, Mecánica y Mecanismos y Cálculo Avanzado, y en la escuela media en Física y Matemáticas en ISFN y ORT. Fue miembro del Grupo de Tecnología Aeroespacial de la UTN-FRH. Actualmente es consultor externo en educación para CONAE y miembro fundador de la Asociación Argentina de Coherencia Experimental y Modelista de Argentina.



GALILEO GALILEI

# Cómo cambiar el mundo con un tubo de hojalata y dos pedacitos de vidrio

Por Diego Luis Hernández, enviado especial de Si Muove a Arcetri, Florencia, en 1640.



**E**stamos en una época en la que por las noches no hay mucho que hacer, más que dormir o contemplar el firmamento. La astrología y la magia poseen un papel superior que la Astronomía en la consideración general. El grado de desconocimiento y superstición es altísimo, y el miedo a lo ignorado, alimentado por los organismos de poder, es moneda corriente. Nada que no ocurrirá también en el siglo XXI. Sin embargo, en ese marco existe lugar también para la aparición de mentes libres que se destacan sobre el resto.

Gracias a un viaje imaginario en el tiempo, Galileo Galilei nos recibe en su villa de Arcetri, cerca de Florencia (en el norte de la actual Italia), lugar en el que cumple el arresto domiciliario que le destinó la Santa Inquisición luego del juicio al que lo sometió en 1633. Será la única imposición que cumplirá hasta sus últimos días, pero ya ha sido golpeado en lo más profundo de su orgullo al tener que abjurar de todas sus convicciones y descubrimientos científicos.

Su rostro y su semblante no poseen la contundencia de los retratos que conoceremos posteriormente. Se irrita con facilidad y golpea su bastón contra el suelo en cada intercambio de opiniones. Su vista está perdida en lo infinito, pero su irremediable ceguera no le impide seguir enseñando a unos cuantos discípulos que asisten a su

casa a escuchar nuevas teorías, a pesar de la prohibición. **“La autoridad de un millar no es superior al humilde razonamiento de una sola persona”**, advierte el maestro por lo bajo.

En la Europa posterior a la Edad Media, un científico puede ser enrolado en el arte, elevado a la cúspide o vapuleado y discriminado, según la aceptación de sus obras. Galileo es, sobre todo, un librepensador que supo conseguir muchos enemigos gracias a su polémica personalidad y sus habituales combates verbales, en los que disfrutaba ridiculizando a sus opositores. **“La filosofía puede beneficiarse de nuestras disputas**—señala mientras juega haciendo girar su esfera armilar—, **porque si nuestras concepciones se prueban verdaderas, se llegará a nuevos logros; y si se prueban falsas, su refutación confirmará aún más las doctrinas originales. Es una lástima que existan tan pocas personas que persigan la verdad y no la perviertan con razones filosóficas”**.

Así se fue ganando la antipatía, especialmente, de los astrónomos jesuitas que le disputaron, entre otras cosas, la prioridad del descubrimiento de las manchas solares. **“En la discusión de los problemas naturales deberíamos comenzar con experimentos y demostraciones, y no con las escrituras”**, afirma Galileo indignado, intentando monopolizar los hallazgos telescópicos. **“No**

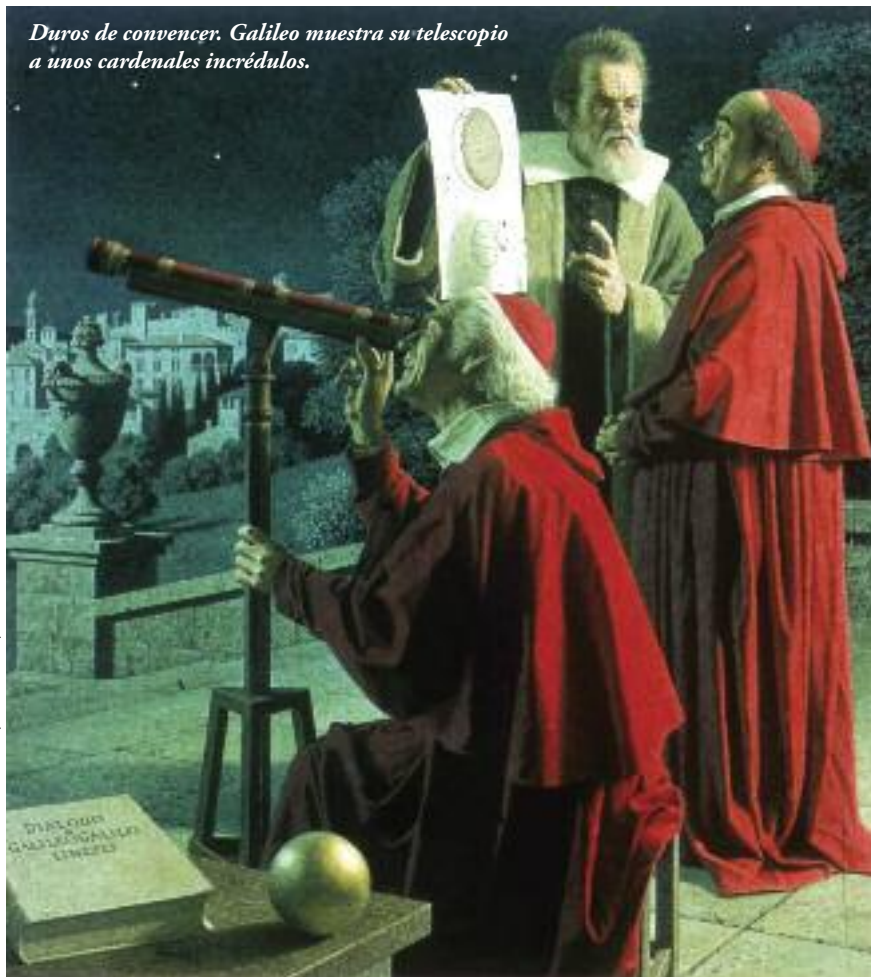
**pueden negar que yo y nadie más que yo tenga derecho a descubrir todos los nuevos fenómenos del cielo”**. La actitud corporativista que adoptaron los jesuitas resultó determinante en el juicio a Galileo.

## Enterrando a Aristóteles

En los últimos meses y esforzándose por hacer encajar la naturaleza en el herético marco copernicano, Galileo se ha dedicado a su última obra, *Consideraciones y Demonstraciones Matemáticas Sobre Dos Nuevas Ciencias*. **“A pesar de que me había propuesto, confundido y desanimado a causa de los desventurados resultados de otras obras mías, no exponer en público nunca más, he resuelto dejar estos manuscritos de modo que no quedarán completamente enterrados”**. Para imprimirlo, el autor ha debido enviar su libro a Holanda. Allí vuelve a utilizar para explicar sus teorías a Sagredo, Salviati y Simplicio, los tres personajes de su libro prohibido, *Diálogo Acerca de los Dos Principales Sistemas del Mundo*, en el que **“lo decisivo es hacer mover a la Tierra sin causar miles de inconvenientes”**. Allí Galileo utilizó un estilo combativo y polémico para explicar su pensamiento en contra de la filosofía y la ciencia tradicionales.

Aquellas *dos nuevas ciencias* representan nada menos que la física moderna. Galileo toma la bandera copernicana por sobre el

*Duros de convencer. Galileo muestra su telescopio a unos cardenales incrédulos.*



PINTURA DE JEAN-LEON HUENS (1921-1982).

postulado aristotélico del universo. Aristóteles, como casi todos los filósofos griegos, proponía el razonamiento por encima de los sentidos, y su doctrina perduró como válida, sin modificaciones, durante casi dos mil años. Galileo llama a eso “*discurso popular vacío y simple*”, y afirma que “*los aristotélicos presuponen lo que hay que demostrar, ya que se forjaron una falsa idea del mundo y adaptan su física a ello. En la hipótesis tolemaica* (por Claudio Ptolomeo, astrónomo griego que vivió en Egipto en el siglo II d. C., quien realizó el diseño “final” del universo aristotélico, con los planetas y las estrellas moviéndose dentro de esferas perfectas, metidas unas dentro de otras, en cuyo centro estaba la Tierra) *están las enfermedades, y en las de Copérnico* (Nicolás Copérnico fue un eclesiástico nacido en la actual Polonia, que publicó un libro poco antes de su muerte, en 1543, en el que mostraba las posiciones de los planetas en el supuesto caso de que el Sol fuese el centro del universo, y en la tercera esfera colocaba a la Tierra, dándole

movimiento), *su cura*”. Así quedarán sentadas las bases para las proposiciones posteriores que realizarán otros científicos.

### Haciendo amigos

Muchos juzgaron imprudente y ofensiva la caracterización que Galileo hizo en su libro del personaje de Simplicio, al que identificaron como una de sus más influyentes amistades hasta ese momento, el papa Urbano VIII y su cohorte de cardenales, suponiendo que su intención era ridiculizarlo. “*Algunos enemigos han persuadido a su santidad de eso, y ése fue el primero de todos mis problemas*”, opina Galileo, quien fuera acusado por el mismo papa de haber protagonizado el mayor escándalo de la cristiandad.

-Galileo, ¿sus descubrimientos fueron ensombrecidos por la acción de sus enemigos o por la extravagancia de esas innovaciones científicas para la época?

-*Muchos filósofos académicos concitaron contra mí a gran cantidad de profesores,*

*como si yo hubiese colocado con mis propias manos esas cosas en el cielo a fin de trastocar la naturaleza y derribar la ciencia. Publicaron numerosos escritos llenos de vanos argumentos y cometieron el grave error de salpicar los con pasajes de la Biblia que no supieron comprender correctamente.*

-¿Y cómo interpreta usted las escrituras tradicionales, a la vista de sus nuevos descubrimientos?

-*Me refiero a que algunas afirmaciones de la Biblia no deben tomarse literalmente porque están expresadas en un lenguaje adecuado a la capacidad de la gente común, que es tosca e iletrada. A veces las escrituras oscurecen su significado.*

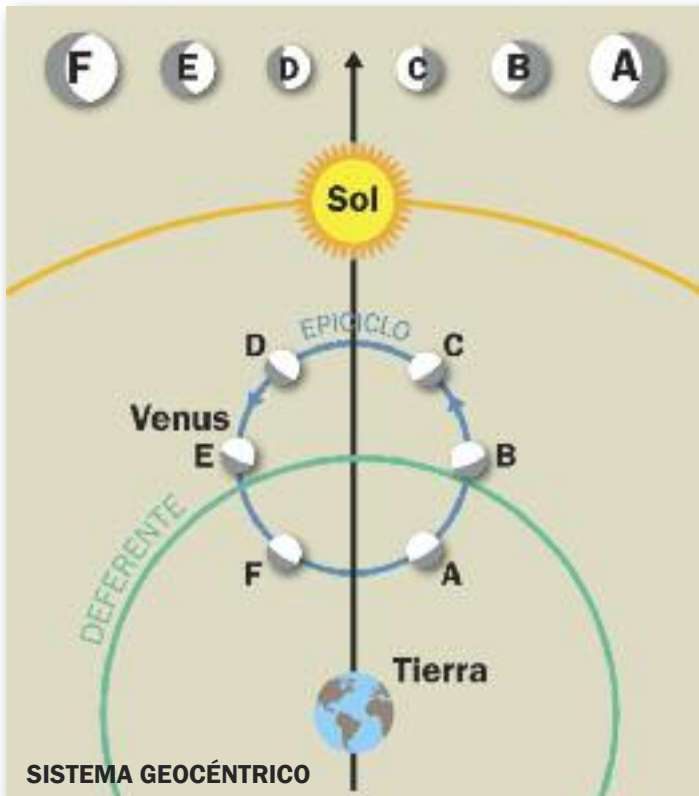
-Sin perturbar su fe usted ha cambiado la concepción habitual del dios cristiano por la de un matemático, pero ha sido tildado de hereje y sus doctrinas, de incompatibles con las sagradas escrituras. ¿Cómo responde a esas acusaciones?

-*La filosofía está escrita en ese grandioso libro que está continuamente abierto ante nuestros ojos (lo llamo universo). Pero no se puede descifrar si antes no se comprende el lenguaje en que está escrito: el lenguaje matemático, siendo sus caracteres triángulos, círculos y figuras geométricas. Sin esos medios es imposible comprender una palabra y deambulamos vanamente en un laberinto oscuro. No me parece necesario creer que el mismo dios que ha creado nuestros sentidos, nuestra razón e inteligencia, haya deseado que abandonáramos su uso, dándonos por otros medios la información que podríamos obtener a través de ellos.*

-Su filosofía choca con las opiniones tradicionales, acostumbradas a repetir los credos de filósofos antiguos, por el hecho de que trascendieron su época...

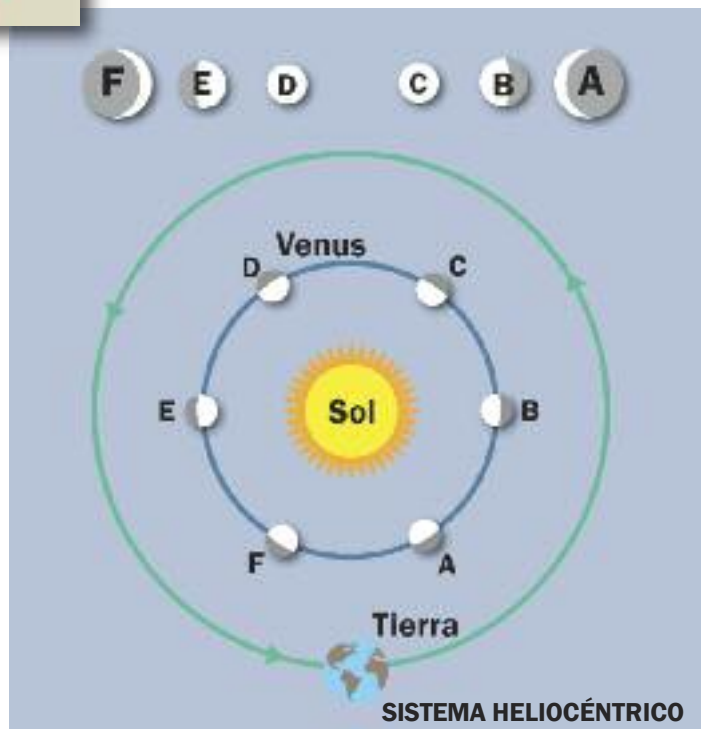
-(Interrompe) *Disiento de la creencia de que en el discurso filosófico se debe defender la opinión de un autor célebre. Para muchos, filosofar es sólo efectuar un examen global de los textos de Aristóteles, y creer que de ellos pueden recoger y unir gran número de soluciones a cualquier problema.*

-¿Sintió alguna vez el apoyo de sus colegas?



### Las fases de Venus, un descubrimiento fundamental

Si la Tierra estuviera en el centro del Sistema Solar (o del universo) y el Sol y los planetas giraran a su alrededor, cabría esperar que los planetas interiores (en este caso, los más cercanos a la Tierra que el Sol; Mercurio y Venus) presentaran fases como se muestra en el gráfico de la izquierda. Según Ptolomeo (siglo II d. C.), los planetas giraban en órbitas circulares pequeñas (epiciclos) apoyadas en otras más grandes (deferentes). Así explicaba por qué a veces los planetas parecen girar en sentido contrario (movimiento retrógrado). Pero lo que Galileo observó en Venus a través del telescopio y durante varios meses, fue que este planeta presentaba fases como las que se muestran en el gráfico de abajo, ya que su órbita es interior a la de la Tierra, por estar más cerca del Sol. Aquí tuvo ante sus ojos la prueba más contundente e irrefutable de que la Tierra gira alrededor del Sol como los otros planetas.



A la izquierda, las fases de Venus vistas a través de un telescopio en diferentes momentos entre 2010 y 2013. Según el sistema heliocéntrico mostrado en el gráfico de la derecha, cuando Venus está en las posiciones F y A, está más cerca de la Tierra y debería verse más grande, pero con un menor porcentaje iluminado. Por el contrario, en las posiciones D y C está más lejos, debería verse más pequeño y con una mayor superficie iluminada. En las posiciones E y B debería verse como una imagen similar a la Luna en cuarto creciente o cuarto menguante. Esto es justamente lo que observó Galileo.

Venus tarda 225 días en completar una vuelta alrededor del Sol (año). Mientras, la Tierra se mueve más lentamente (365,25 días) porque está más lejos del Sol (Tierra=150.000.000 de km; Venus=108.000.000 de km) y porque tiene un camino más largo que recorrer. En el gráfico de arriba en el que se muestran las diferentes fases y posiciones de Venus con respecto a nuestro planeta, hemos dejado “quieta” la Tierra con el fin de simplificar la explicación. Como ambos planetas se mueven a diferentes velocidades, un encuentro Tierra-Venus demora unos 19 meses.

Mariano Ribas



-*Sólo he visto una aseveración de Kepler, el matemático imperial* (NdeR: Johannes Kepler escribió asiduamente a Galileo para intercambiar conocimientos e insistiéndole en que se declarara a favor del copernicanismo. Pero Galileo lo ignoró sistemáticamente y apenas le respondió en dos oportunidades. Nunca se conocieron personalmente). *Kepler confirma todo lo que he escrito, sin rechazar siquiera una coma, a pesar de que no tenía ninguna prueba. Pero Júpiter está ahí, en los cielos, y habla por sí solo, a pesar de que callan y dudan muchos de los que han visto las estrellas que giran en torno suyo* (NdeR: los cuatro grandes satélites de Júpiter. La palabra *satélite* fue sugerida por Kepler, derivada del latín para designar a quien sigue a un poderoso para ganar sus favores). *La mayor parte de ellos son incapaces de reconocer ni a Júpiter ni a Marte, y apenas a la Luna.*

-¿Cómo vislumbra su futuro y el de la ciencia?

-*La ignorancia y malicia de mis oponentes ha vencido por ahora, pero otras mentes más agudas que la mía penetrarán luego en los lugares más recónditos, y abrirán las puertas a una vasta e importantísima ciencia.*

Pasará un tiempo para que eso suceda. La suerte de Galileo fue un ejemplo para que otros se abstuviesen de delincuencias y herejías del mismo género. Efectivamente, Galileo fue el último de los grandes italianos. Poco menos de un año después de su muerte, ocurrida en 1642, nacerá en Inglaterra Isaac Newton, quien recogerá los frutos de su trabajo (y de los de Kepler) para establecer la Ley de Gravitación Universal y terminar de modelar el procedimiento científico que perdurará por siglos. Es a él a quien Galileo hace referencia, sin saberlo, en la última cita de este reportaje. Aclaremos –aunque creemos que no es necesario– que en esta charla se ha recurrido a un simulacro imaginario, pero todas las frases del entrevistado, extraídas de sus propias obras, libros, cartas y documentos, son reales y exactas, al igual que la ciencia que con él se inició. En su época, su escepticismo pudo ser intolerable, pero lo engendraba la búsqueda de la verdad. ■



## UN INSTRUMENTO QUE CAMBIÓ LA MANERA DE VER EL UNIVERSO

A pesar de la creencia popular, Galileo no fue el inventor del telescopio. Según lo que él explicó en *El Mensajero Sidereal* (Venecia, marzo de 1610), tomó la idea a partir de “**informes de un holandés** (NdeR: Johann Lippershey, de Middelburg) **que había creado un artefacto óptico que acercaba considerablemente los objetos y los hacía ver más grandes**”.

Galileo no se había interesado demasiado por los astros anteriormente, pero cuando construyó su propio telescopio, “**un tubo de hojalata forrado con tejido de lana y algodón rojo carmesí, de 60 cm de largo y con dos vidrios, uno cóncavo y el otro no**”, comenzó a apuntarlo hacia la Luna y las estrellas, y

a ver cosas que “**ningún otro mortal había visto hasta el momento**”. Anteriormente, los únicos elementos para la observación del cielo habían sido el ojo humano e instrumentos como escuadras y reglas que no poseían aumento.

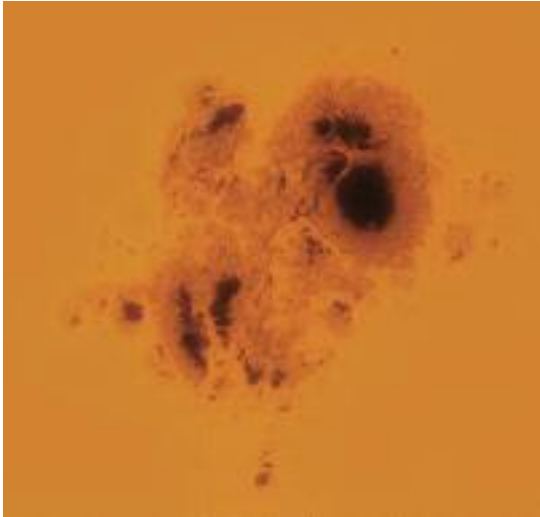
La palabra telescopio fue pronunciada por primera vez en una reunión con representantes de la nobleza, en la que Galileo les mostraba su *anteojo* o *catalejo* (como él mismo lo llamaba). Alguien, de manera despectiva, dijo algo así como: “A ver, Galileo, traiga su telescopio y muéstrenos cómo funciona”.

Galileo vio que la Luna “**no es perfectamente lisa y esférica, como se considera a todos los cuerpos celestes, sino que está llena de irregularidades y repleta de huecos y protuberancias**”. Observó en las estrellas “fijas” que, además de las que pueden distinguirse a simple vista, “**existen otras que rebasan diez veces el número de las ya conocidas**”, y en la Vía Láctea, que “**es una masa de innumerables estrellas unidas en densos racimos, al igual que las hasta hoy llamadas nebulosas**”.

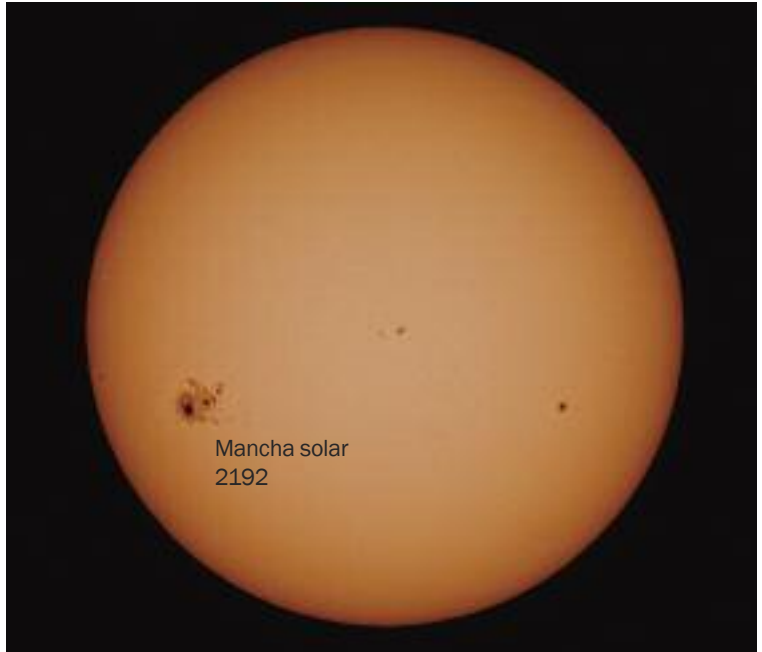
Descubrió que los planetas, a diferencia de las estrellas, aparecían como pequeños círculos luminosos, semejantes a la Luna. Se dedicó a seguir a Venus durante varias semanas, y vio que “**día a día iba creciendo, hasta que comenzó a perder la redondez por la parte oriental. En pocos días se convirtió en medio círculo para luego hacer cada vez más delgados sus cuernecillos, hasta terminar desapareciendo**”. Había descubierto las fases de Venus, algo fundamental para confirmar la teoría heliocéntrica (ver gráficos de la página 21).

Y para el final quedó otro de sus grandes hallazgos: “**Existen cuatro planetas nunca vistos desde el principio de los tiempos hasta nuestra época; un argumento para desechar los escríptulos de aquellos que puedan aceptar la revolución de los planetas alrededor del Sol**”. Se refería a los satélites de Júpiter, a los que llamó *Astros Mediceos*, en honor a sus protectores, los Médicis, una familia de comerciantes y banqueros burgueses de Florencia que llegó a gobernar la región Toscana y a ejercer una gran influencia sobre la política italiana. Los nombres actuales de los satélites, Ío, Europa, Ganímedes y Calisto, fueron sugeridos poco después por el alemán Simon Marius, quien retomó la mitología clásica y eligió a cuatro personajes con quienes Júpiter (Zeus) había mantenido relaciones. Estos astros son lo suficientemente brillantes como para poder ser detectados a simple vista, pero se mantienen ocultos tras el resplandor del planeta.

Con el tiempo, estos descubrimientos cambiaron por completo la visión que el ser humano tenía del universo y de sí mismo. Demostraron que el cosmos es mucho más amplio y complejo. Todo lo que conocemos de él, lo hemos descubierto, a partir de Galileo, desde nuestra humilde posición. El intento de enmudecerlo fue inútil, ya que el uso del telescopio se difundió rápidamente por toda Europa.



Carlos Di Nallo



Carlos Di Nallo

## Mancha registrada

Estas imágenes del Sol realizadas por Carlos Di Nallo el 22 de octubre de 2014 muestran uno de los grupos de manchas solares más grandes de los últimos 24 años. La llamada región activa N° 2192 superó el tamaño de Júpiter y fue la responsable de una gran cantidad de fenómenos, fundamentalmente potentísimos *flares*, estallidos abruptos desde las manchas solares, además de espectaculares auroras polares debido a la interacción del viento solar con las partículas de la alta atmósfera terrestre. La mancha, incluso, podía verse a simple vista en los momentos en los que las malas condiciones atmosféricas (niebla, humo, *smog*) filtraban parte de la luz del Sol durante los amaneceres o atardeceres, como se aprecia en la foto de Andrea Anfossi realizada el 25 de octubre en Casilda, provincia de Santa Fe.



Carlos Di Nallo

La presencia de manchas solares permite determinar la rotación del Sol, que es de unos 25 días (midiendo en el ecuador solar).

La mancha solar 2192 fue tan grande que podía observarse a simple vista. Se cree que los astrónomos chinos fueron los primeros en observarlas hace dos mil años, pero se adjudica su descubrimiento a la época de la invención del telescopio, a partir de 1610.



Andrea Anfossi



## Figura de ocho\*

Si observamos la posición del Sol durante un año, cada día a la misma hora, veremos que su altura con respecto al horizonte y su lugar frente a una referencia (por ejemplo, uno de los puntos cardinales), van variando. Si durante un año se toma una foto del Sol cada día (o con intervalos de algunos días), siempre a la misma hora y desde el mismo lugar, y se superpone cada una de las fotos, es posible obtener una imagen como ésta. Allí queda marcada una figura con forma de 8 que representa la posición del Sol a lo largo del año. Esa figura se llama **analema**, y también puede lograrse clavando una estaca en el suelo y haciendo una marca en el lugar donde llega la sombra, repitiendo la marca todos los días a la misma hora.

Esa forma de 8 se da por la combinación de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra. El Sol puede verse al mediodía a distintas alturas sobre el horizonte, más bajo en invierno y más alto en verano. Si lo observamos en otros horarios, por ejemplo, a las 6 de la tarde, notaremos también una diferencia en altura entre el invierno y el verano. Pero si tomamos una referencia terrestre como, por ejemplo, un punto cardinal, notaremos un atraso y un adelanto del Sol, según la época.

La forma más fácil de notarlo es realizando la experiencia al mediodía. Para nuestro país, el mediodía es a las 13 h (aunque las provincias del oeste deberían tener, al menos, una hora atrasada con respecto a la Capital Federal). Cada mediodía el Sol





transita por el meridiano del lugar, es decir, se coloca justo encima del punto cardinal norte (visto desde nuestras latitudes). Según la época del año, eso va a ocurrir con el Sol más alto en verano (hasta  $79^\circ$  de altura en Buenos Aires), y más bajo en invierno ( $33^\circ$ ). Pero no todos los días el Sol transitará exactamente a la misma hora, sino que en determinados momentos lo hará unos minutos antes y, en otros, unos minutos después de las 13 h. Existen dos causas que explican este fenómeno: la inclinación del eje de rotación y la órbita con forma de elipse de la Tierra. Nuestro planeta circula por una órbita ligeramente ovalada, lo que hace que en determinados momentos se encuentre más cerca del Sol (en enero) y en otros, más lejos (en julio). La Tierra circula más rápido cuando está más cerca del Sol, y más despacio cuando está más lejos. Por eso, hay una pequeña diferencia entre la hora que vemos en nuestros relojes y la hora a la que el Sol atraviesa el meridiano. El cálculo de esa diferencia se obtiene con una fórmula matemática llamada ecuación del tiempo.

La composición de esta imagen fue realizada por Enzo de Bernardini con una cámara fija sobre un trípode, con un filtro para poder tomar los discos solares. El horario de las tomas fue a las 18:00 hora local, en dirección al horizonte oeste, desde Acassuso, provincia de Buenos Aires, entre septiembre de 2013 y septiembre de 2014. Los discos solares fueron compuestos con la imagen crepuscular de fondo.

*\*Figura de Ocho (Figure of Eight) es un tema de Paul McCartney, del álbum Flowers in the Dirt (1989).*



Diego Luis Hernández



Diego Luis Hernández

En la mañana del 8 de octubre de 2014, pasadas las 6 h y con el cielo comenzando a aclararse por el amanecer, tuvimos un eclipse de Luna que, desde nuestro país, sólo pudo ser observado en su comienzo. Quienes nos encontrábamos en los alrededores de Buenos Aires apenas pudimos observar la etapa de penumbra, algo prácticamente imperceptible. Así logramos una imagen con la Luna muy cerca del horizonte, entre los edificios porteños, en donde hay que aclarar que el color anaranjado de nuestro satélite no se debe al eclipse sino a un fenómeno de dispersión y refracción de la luz en la atmósfera terrestre. Es por eso que cada vez que vemos salir u ocultarse a la Luna (mientras no sea de día), se la puede observar con un tono rojizo, amarillento o anaranjado. Lo que sí se debe al eclipse es el sector más oscuro en la Luna que se ve arriba a la derecha.



Guillermo Abramson

Más al oeste, por ejemplo, en Bariloche, el eclipse pudo verse, al menos durante un rato, cuando la sombra de la Tierra comenzaba a “morder” a la Luna, también baja y con el Cerro López, cubierto aún de nieve, embelleciendo el paisaje. El próximo eclipse total de Luna visible por completo desde nuestro país se producirá en la noche del 27 al 28 de septiembre de este año.

## UNA PERSPECTIVA EVOLUCIONISTA SOBRE LOS EXTRATERRESTRES

# A nuestra imagen y semejanza

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



*En la película Avatar, dirigida por James Cameron (2009, 20th Century Fox), los na'vi son una especie que habita Pandora, una luna del planeta Polifemo. Los na'vi viven en armonía con la naturaleza e ilustran claramente el concepto del "buen salvaje" proyectado en seres extraterrestres humanoides.*

Es habitual que los alienígenas de la ciencia ficción sean antropomorfos, es decir, con una forma más o menos humana; seres siniestros que desean destruirnos o seres "evolucionados" que nos traen un mensaje de "paz y amor". Aquí recurriremos a la teoría de la evolución por selección natural para cuestionar esas ideas, explicitar algunos supuestos erróneos sobre cómo funciona la evolución biológica y discutir cómo cabría esperar que fueran dichas formas de vida en caso de existir.

Las películas sobre seres extraterrestres suelen tener detalles poco creíbles. Por ejemplo, en la película *Signs*<sup>1</sup>, protagonizada por Mel Gibson, unos malvados alienígenas invaden la Tierra pero la humanidad finalmente logra vencerlos al descubrir que estos seres eran especialmente vulnerables al... ¡agua! Así es, a pesar de tener una tecnología lo suficientemente avanzada como para llegar hasta aquí, al parecer ignoraban el "detalle" de que el setenta por ciento de la superficie del planeta invadido estaba cu-

bierto por grandes masas de una sustancia que para ellos era un veneno mortal. Hay, sin embargo, un aspecto común a muchas de estas películas que a nadie resulta inverosímil: los alienígenas son antropomorfos, es decir, tienen una forma más o menos humana. Otro aspecto recurrente de estas obras es el carácter moral de los extraterrestres. Pero en este caso hay dos estereotipos: o bien son seres siniestros cuyo propósito manifiesto es destruir la humanidad (con frecuencia para apoderarse de nuestros recursos naturales) o bien son seres "evolu-

cionados" que vienen a darnos un mensaje de "paz y amor".

En este artículo recurriremos a la teoría de la evolución, y más específicamente a la teoría de la evolución por selección natural, para poner en cuestión ambas ideas; esto es, (1) el carácter antropomorfo de los extraterrestres y (2) su naturaleza esencialmente malvada o bondadosa según el caso. Desde ya, este escrito no pretende ser una crítica a estas obras de ficción que, en tanto tales, pueden permitirse ésta y otras licencias en

pos del fin narrativo. La idea es, en cambio, usarlas de excusa para explicitar y cuestionar algunos supuestos erróneos ampliamente compartidos por las personas sobre cómo funciona la evolución biológica. Estos supuestos son compartidos por escritores y espectadores. ¡Por eso les resultan verosímiles!

Obviaremos cuestiones relacionadas como qué tan probable es la existencia de vida extraterrestre y, más en particular, de “vida inteligente” (sea lo que fuere que esto signifique), y qué planetas son los mejores candidatos para albergarla. No está de más decir, sin embargo, que a pesar de los grandes esfuerzos realizados para detectarla no disponemos de ninguna evidencia firme sobre la existencia de vida extraterrestre<sup>2</sup>. En cualquier caso, nada de lo que sabemos sobre bio-

logía prohíbe su existencia. Pasaremos entonces a discutir algunas cuestiones sobre cómo cabría esperar que fueran dichas formas de vida en caso de existir.

### Evolución por selección natural

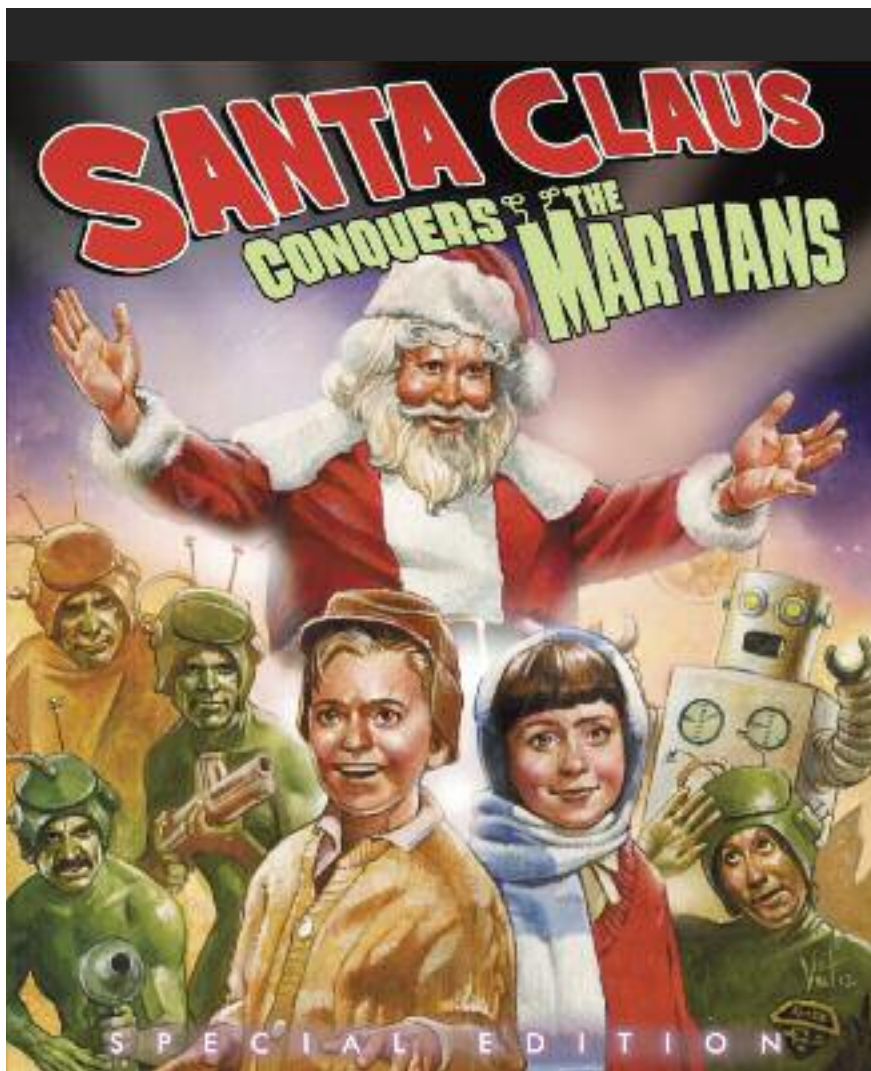
De acuerdo con la biología actual, la selección natural es el principal mecanismo evolutivo, es decir, es el principal proceso mediante el cual cambian los seres vivos a través de las generaciones. Además, tenemos motivos para sospechar que es el único mecanismo capaz de producir entidades complejas y funcionalmente adaptadas como los seres vivos. Asumimos, por lo tanto, que si existe vida en otros planetas ésta será producto de la selección al igual que su equivalente terrestre.

De acuerdo con la teoría, en toda población existen diferencias morfológicas, fi-

siológicas y conductuales entre los individuos debidas a diferencias genéticas (heredables). Por otro lado, aquellos que poseen características que les confieren alguna ventaja en relación con la supervivencia o la reproducción dejan, en promedio, más descendientes que los individuos que no poseen dichas características ventajosas. Los descendientes producidos heredan la característica ventajosa de sus progenitores por lo que, generación tras generación, se incrementa la proporción de individuos con dicho rasgo. Las diferencias genéticas entre los individuos se deben a dos procesos: cambios aleatorios en los genes (mutaciones) y nuevas combinaciones –también aleatorias– de genes que se producen durante la reproducción sexual. El resultado de estos procesos es que cada individuo que nace producto de la reproducción sexual es genéticamente único (excepto los gemelos monocigóticos). Es importante destacar que estas variaciones se producen de modo aleatorio: no se producen preferentemente aquellas mutaciones que confieren alguna ventaja, sino que se trata más bien de una suerte de “lotería genética” que hace que todos nazcan con rasgos heredables nuevos, que la mayoría de las veces resultan neutros (ni mejores ni peores), algunas veces perjudiciales y otras ventajosas. Mediante la selección de las variantes ventajosas los organismos van adquiriendo rasgos (adaptaciones) que incrementan su ajuste con el ambiente. Algunos ejemplos serían la coloración mimética que confunde a un saltamontes con la hierba y la forma hidrodinámica que permite a un delfín nadar velozmente.

### Primera cuestión: alienígenas antropomorfos

¿Por qué la mayoría de los autores de ficción (en sintonía con su público) imaginan a los seres extraterrestres como criaturas humanoides? Muchas personas, frecuentemente estimuladas por sus respectivas cosmovisiones religiosas, creen que los humanos somos la especie superior y que nuestra existencia responde a alguna finalidad trascendente. Aún quienes aceptan que nuestra especie evolucionó a partir de algún primate no humano (una obviedad a estas alturas



“Papá Noel conquista a los marcianos”, una de las tantas historias de ciencia ficción (y una de las más bizarras que encontramos) en las que los extraterrestres son antropomorfos.

Ejemplo de iconografía que ilustra la concepción del progreso evolutivo lineal e inexorable hacia el ser humano, basado en una idea científicamente errónea. Tomada del buscador de Internet Delta-Search, que conmemoró el nacimiento de Charles Darwin, el pasado 12 de febrero.



para cualquier persona científicamente alfabetizada) tienden a creer que dicho origen no fue un mero accidente de la historia sino que estaba, de algún modo, predeterminado. Las expresiones de esta idea son numerosas. Por ejemplo, las iconografías que muestran una secuencia lineal de primates que se van poniendo de pie hasta llegar a la forma humana están basadas en este supuesto (figura de esta página). Pareciera que todo el proceso evolutivo, desde las bacterias ancestrales de las que derivamos, tenía por meta producir, finalmente, al humano. Desde esta perspectiva, es razonable suponer que si la vida surgió y evolucionó en otro planeta también allí debería haber producido (o debería estar haciéndolo) alguna criatura semejante a nosotros, ya que ése sería el fin último de la vida.

Pero esta concepción es científicamente errónea, ya que ignora el elemento aleatorio o azaroso del proceso evolutivo que mencionamos en el apartado anterior. En realidad, hay varias razones por las cuales el proceso evolutivo resulta azaroso. En primer lugar, las variaciones heredables sobre las que opera la selección surgen, como ya hemos explicado, de una suerte de "lotería genética". Aunque la selección en sí misma no es un proceso azaroso, sí lo es el proceso que genera el "menú" de variantes que luego se podrán seleccionar. Por este motivo, los cambios evolutivos que sufre un linaje son irrepetibles, ya que es probabilísticamente imposible que en dos poblaciones de organismos surjan exactamente las mismas mutaciones y en el mismo orden. Además, deberían ser análogas las condiciones ambientales, de modo que en ambos casos se seleccionaran las mismas variantes. Por otro lado, el

ambiente constituye un sistema extremadamente complejo que cambia de modos impredecibles. Podemos identificar infinitos momentos en la particular historia que resultó en nuestra existencia para mostrar que las cosas podrían haber sucedido de modos diferentes de manera que nunca llegaríamos a existir. Por ejemplo, uno de los factores que influyó en el proceso de hominización (el origen de los humanos a partir de otros primates) fue la expansión de las sabanas a expensas de los bosques como consecuencia de cambios climáticos que tuvieron lugar en nuestra África ancestral en el mioceno tardío. Si dichos cambios no se hubieran producido, la evolución de nuestros ancestros podría haber sido bien distinta de modo que, tal vez, nunca hubiéramos evolucionado los *Homo sapiens*. En síntesis, infinitos eventos aleatorios podrían haber alterado el curso de la evolución y cualquier escenario alternativo al que tuvo lugar implicaría nuestra no existencia. Somos, en este sentido, un accidente de la historia. El gran paleontólogo estadounidense Stephen Jay Gould<sup>3</sup> resumió este punto al decir que si volviéramos hacia atrás la película de la vida y la hiciéramos correr nuevamente, lo que veríamos sería una historia muy diferente, y lo más probable es que entre los resultados de esa nueva cadena de acontecimientos, marcada por la contingencia, no nos encontraríamos los seres humanos.

Por estas razones, resultaría altamente improbable que, en caso de existir vida en otro planeta, se hubiera dado allí una secuencia de variaciones heredables y eventos de selección cuyo resultado final fuera una réplica de la idiosincrática forma humana.

**Segunda cuestión: ¿aniquilación o "paz y amor"?**

¿Qué supuestos subyacen a la idea de que los extraterrestres serían intrínsecamente bondadosos o malvados? Muchas personas creen que los seres humanos somos seres esencialmente malvados, por lo que en caso de que los extraterrestres hubieran seguido un curso evolutivo análogo al nuestro deberían ser tan malvados como nosotros. ¿Por qué, entonces, encontramos dos versiones divergentes sobre su carácter moral (buenos o malos)?

Para entender el origen de la versión bondadosa de los extraterrestres debemos revisar el supuesto de base que no consiste, en realidad, en que los seres humanos somos malvados sino, más bien, en que los *actuales seres humanos occidentales* somos sujetos moralmente despreciables. Esta visión suele basarse en la idea de que no es ésa nuestra condición primigenia. Por el contrario, los humanos seríamos *naturalmente* bondadosos, solidarios y pacíficos, y sería cierta degeneración de la cultura occidental la que habría resultado en nuestra actual condición despreciable. Así, las culturas no occidentales mantendrían intactas esas virtudes morales. Esta visión se expresa en infinidad de textos en los que se pretende que en tal o cual tribu no existe la codicia o la agresión y, en el ámbito del ecologismo, suele expresarse en la idea según la cual los "pueblos originarios" hacían un uso sustentable de los recursos naturales. Se trata, en realidad, de una antigua idea expuesta por el filósofo Jean Jaques Rousseau a la que actualmente suele denominarse "el mito del buen salvaje". Efectivamente, la antropología ha mostrado claramente que, más allá de las diferencias culturales, no existen sociedades idílicas que desconozcan el robo, la guerra, la violación y las demás miserias humanas. Esto no implica negar que, sin lugar a dudas, podamos aprender mucho de las culturas no occidentales.

Así, los extraterrestres serían seres sabios y bondadosos en caso de haber sabido preservar su naturaleza primigenia (figura de la página 27), o serían malvados y depravados como nosotros en caso de haber sufrido el mismo proceso cultural

degenerativo.

Ahora bien, ¿qué podemos decir sobre esta cuestión basándonos en la teoría de la evolución por selección natural? El tema es delicado porque de lo que estamos hablando es de cuál es la naturaleza humana. ¿Somos “naturalmente” malvados (como suponía el filósofo inglés Thomas Hobbes) o somos “naturalmente” bondadosos (como suponía el filósofo franco-helvético Jean Jaques Rousseau)?

Si revisamos la lógica del proceso de se-

lección natural comprenderemos que ambas opciones son poco realistas. Dentro de una población la selección natural incrementará la frecuencia de cualquier característica que aumente las probabilidades de sobrevivir y reproducirse de sus poseedores, sin importar las consecuencias morales de dicha característica. Tomemos como ejemplo los icneumónidos, un tipo de avispas que paralizan con su veneno una oruga para luego depositar en ella sus huevos, de modo que, tras eclosionar, las larvas se alimentan de la

oruga mientras ésta aún está viva. Esa estrategia resulta particularmente cruel desde una perspectiva humana moral y llamó la atención de Darwin, quien comentó en una carta: “*No me puedo convencer de que un dios benefactor y omnipotente hubiera creado intencionalmente los icneumónidos con el deseo expreso de que se alimentaran dentro del cuerpo de las orugas*”. No sabemos si la oruga sufre durante este proceso, pero lo importante es comprender que eso es irrelevante desde el punto de vista evolutivo: si

### Un poco de heterodoxia

Los análisis que desarrollamos en este artículo se basan en conceptos y supuestos que gozan de un amplio consenso en la actual comunidad de expertos en biología evolutiva. Pero, como corresponde a toda ciencia viva, en la biología evolutiva hay margen para el disenso y el debate. En este sentido, cabe mencionar las opiniones algo heterodoxas de un destacado paleontólogo estadounidense llamado Simon Conway Morris<sup>4</sup>. Este autor cree que la evolución es más predecible de lo que habitualmente suponemos y que la existencia de alguna criatura *semejante* a nosotros podría no ser tan accidental como solemos creer. Sugiere que es altamente probable, e incluso inevitable dado el tiempo suficiente, que la evolución produzca criaturas inteligentes, bípedas y con algunas otras características humanas. ¿En qué se basa para sostener esta postura? Conway Morris se apoya en dos conceptos de la biología evolutiva: *convergencia* y *restricción*. La *convergencia* se refiere a casos en que dos linajes alcanzan, durante su evolución, un rasgo similar pero de modo independiente. Por mencionar un ejemplo, el vuelo ha evolucionado –al menos– cuatro veces de modo totalmente independiente en los mamíferos (los murciélagos), los reptiles (los pterosaurios), las aves y los insectos. Esta semejanza entre estos cuatro linajes no se debe a que todos heredaron el vuelo de un ancestro común volador (en cuyo caso diríamos que se trata de una *homología*) sino a que lo desarrollaron independientemente (lo que se conoce como una *analogía* u *homoplasia*). Se trata de la evolución de dos o más linajes que por adaptarse a circunstancias similares terminan con alguna semejanza (convergencia). Podría decirse, metafóricamente, que se trata de organismos que encuentran, cada uno por su lado, soluciones semejantes para problemas semejantes. Para Conway Morris este fenómeno es mucho más común de lo que suponemos. Por otro lado, destaca que la estructura de los seres vivos y el proceso mediante el cual se construyen esas estructuras (el desarrollo) limitan notablemente los cambios que podrán sufrir durante la evolución. A esto se refiere el concepto de *restricción*. Tomando en conjunto ambas ideas pareciera que frente a ciertos problemas comunes (desplazarse en un

mundo tridimensional, evitar depredadores, etc.) que enfrentan diferentes seres vivos es altamente probable que encuentren soluciones semejantes. Así, por poner otro ejemplo, los ojos evolucionaron numerosas veces (¡entre cuarenta y sesenta!) de modo independiente en diferentes grupos de animales. La forma humanoide sería así una buena solución a muchos problemas (como lo atestigua nuestra creciente población), por lo que no sorprendería, desde esta perspectiva, que en caso de haber vida evolucionando en otro planeta terminara por producir algo semejante a nosotros. El aspecto de estas criaturas nos resultaría seguramente extraño, porque en infinidad de detalles serían diferentes de nosotros (como hay infinidad de detalles que distinguen las alas de las aves de las de los murciélagos), pero serían semejantes en aspectos clave. Conway Morris también dice sobre el carácter moral de estos seres, ya que asume que serían cognitivamente semejantes a nosotros y, por lo tanto, con nuestras mismas propensiones conductuales. Así, según este autor, en caso de un eventual contacto, deberíamos “prepararnos para lo peor” (por supuesto, agregaría yo, ellos también deberían prepararse para lo peor). Es necesario hacer dos aclaraciones en relación con la propuesta de Conway Morris. En primer lugar, se trata de una opinión minoritaria: la mayoría de los expertos cree que los factores contingentes de la historia evolutiva pesan más que la restricción y la convergencia y que, por lo tanto, la historia de la vida, tal como la conocemos en nuestro planeta, es única e irrepetible. Por otro lado, la propuesta de este autor no restablece la antigua perspectiva antropocéntrica, ya que lo que sugiere es que muchas formas –y no sólo ni especialmente la humana– terminarían por aparecer debido a la convergencia y la restricción. Así, sugiere que también sería esperable la evolución de algo semejante a los insectos. Para saber si Conway Morris tiene razón deberíamos volver el tiempo atrás en nuestro planeta, dejar que la vida evolucionara nuevamente y examinar sus productos. Otra opción, sólo un poco más realista, sería examinar muchos mundos en los que la vida hubiera evolucionado independientemente y comparar las criaturas producidas en cada caso.

poner huevos en orugas paralizadas incrementa el éxito reproductivo de las avispas, dicho rasgo será seleccionado con independencia de si produce o no sufrimiento a algún otro ser y de cualquier otra consideración moral que podamos hacer.

Así, es esperable que las tendencias conductuales que la selección natural haya favorecido durante nuestra evolución sean moralmente ciegas. Para decirlo de otro modo, no es esperable que la selección produzca una criatura intrínsecamente bondadosa ni intrínsecamente malvada, simplemente porque ambas opciones son menos ventajosas que alguna alternativa intermedia. Esto se debe a que, desde un punto de vista pragmático, a veces puede ser ventajoso ejercer una violencia despiadada y ser egoístas mientras que, en otras ocasiones, puede ser ventajoso ser compasivos y solidarios. En síntesis, es esperable que la evolución por selección natural produzca criaturas complejas capaces de lo mejor y de lo peor según sean las circunstancias. Y esta caracterización parece ajustarse bastante bien a lo que los humanos somos.

Por supuesto, los seres humanos no somos únicamente aquello que la evolución biológica ha hecho de nosotros. Ese mismo proceso evolutivo nos dotó de ciertas capacidades que nos han permitido independizarnos parcialmente de los imperativos biológicos que encarnamos en tanto que animales. Cada población humana construye una cultura idiosincrática que puede atenuar o acentuar una u otra tendencia natural biológicamente dada. Como parte de esa cultura se establecen criterios éticos y morales que definen claramente lo que está bien y lo que está mal. Pero, hasta donde sabemos, ninguna cultura se ha convertido en la encarnación del bien ni del mal. Según las peculiaridades de sus respectivos sistemas morales y las circunstancias, unas y otras han sido capaces de actos sublimes y terribles a lo largo de la historia. Estas consideraciones son válidas para cualquier criatura que haya evolucionado por selección natural, incluidos los humanos y los eventuales extraterrestres.

De modo que en caso de encontrarnos con seres extraterrestres lo más razonable es que se trate de criaturas complejas ca-

paces de diversas acciones, algunas de las cuales merecerían nuestra reprobación y otras, nuestro halago. En síntesis, no es razonable suponer que vendrían (en caso de que ellos nos encontraran a nosotros) a ejercer el sadismo a nuestra costa ni que vendrían a traernos “paz y amor”.

### Una síntesis final

Al día de hoy no existe evidencia sólida de la existencia de vida extraterrestre. Sin embargo, nada de lo que sabemos prohíbe su existencia, por lo que debemos estar abiertos a tan interesante posibilidad. La vida comienza, necesariamente, en su forma más simple y luego la selección natural va moldeando formas cada vez más complejas y sofisticadas (aunque las formas simples persisten, como las actuales bacterias). Si descubriéramos vida extraterrestre podríamos hallar este proceso de complejidad creciente en cualquier estadio; tal vez sólo seres microscópicos o, tal vez, si la vida en ese lugar es más antigua, criaturas macroscópicas y complejas. ¿Qué aspecto tendrían esas criaturas? Lo más sensato, dado lo que sabemos de cómo funciona la evolución, es reconocer que poco podemos decir al respecto más allá de que, seguramente, nos resultarían muy extrañas. Dada la importancia de los factores contingentes en la evolución es poco probable que la fauna extraterrestre incluya algo parecido a nosotros (¡excepto que Conway Morris tenga razón!, ver recuadro), al fiándú o a cualquier otra forma de vida idiosincrática de nuestro planeta. En cuanto a la segunda cuestión analizada en este artículo, si nos encontráramos con formas de vida inteligentes, dado el carácter amoral del proceso evolutivo no cabe esperar que dichos seres sean esencialmente malvados ni bondadosos. En relación con este segundo punto sí cabe esperar encontrarnos con algo semejante a nosotros; seres capaces de obrar de modo encomiable o reprochable según las circunstancias. Si ésta es una buena o una mala noticia dependerá de la perspectiva del lector. Sin salir de nuestro planeta, los encuentros entre civilizaciones humanas en la historia sientan malos precedentes. Así, para saber cómo deberíamos prepararnos para el histórico contacto no tenemos más que

imaginarnos cómo deberían prepararse ellos para el contacto con nosotros. ¿Cómo se prepararía usted si fuera un extraterrestre bien informado de los asuntos terráqueos y recibiera la noticia de que una nave procedente de la Tierra está próxima a posarse sobre su planeta? Bueno, tal vez del mismo modo deberíamos prepararnos nosotros para una eventual visita de otra civilización. ■

**1** *Signs* (conocida en castellano como *Señales*), dirigida por Manoj Nelliyattu Shyamalan. 2002, *Touchstone Pictures*.

**2** Ante esta prudente afirmación, quienes por motivos que sería interesante indagar desean fervientemente que haya vida extraterrestre suelen replicar algo como “¿pero cómo pueden estar seguros de que no existe vida extraterrestre?”. El lector atento notará fácilmente que no es eso lo que hemos dicho y, ya que estamos, nunca podríamos afirmar eso porque no es posible sostener con certeza absoluta la no existencia de algo, aunque más no sea porque nadie ha inspeccionado (ni lo hará jamás) todos los rincones del universo.

**3** Gould desarrolló *in extenso* este tema en su libro *La vida maravillosa. Burgess Shale y la naturaleza de la historia* (1995, Barcelona: Crítica).

**4** Conway Morris desarrolló sus ideas en su libro *Life's solution. Inevitable Humans in a Lonely Universe* (2003, Cambridge: Cambridge University Press) y, más recientemente (2011), en un artículo titulado *Predicting what extra-terrestrials will be like: and preparing for the worst* (algo así como *Prediciendo cómo serán los extraterrestres: y preparándonos para lo peor*) que forma parte de un número especial de las *Philosophical Transactions of The Royal Society*, dedicado a analizar las consecuencias de la eventual detección de vida extraterrestre (<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1936>). Aunque el artículo consiste en rigurosos análisis científicos, la segunda parte del título dio lugar a notas periodísticas sensacionalistas que ignoraban por completo el verdadero contenido del texto. Véase, por ejemplo, <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/01/10/ciencia/1294675874.html> y <http://informe21.com/extraterrestres/extraterrestres-estamos-solos-mal-acompanados-cuestion-se-resume-eso>.

# Otoño en el Planetario

Espectáculos para público en general 2015

## COLISIONES CÓSMICAS

*Espectáculo astronómico para todo público.*  
Explosivos encuentros inimaginables que dieron forma a nuestro Sistema Solar, cambiaron el curso de la vida en la Tierra y seguirán transformando en el futuro nuestra galaxia y el universo.

## UNA DE PIRATAS

*Espectáculo astronómico para niños.*  
Un pirata cansado de recorrer los mares del planeta Tierra se anima a viajar por el universo. A bordo de un pequeño barco de papel descubre planetas, estrellas, cúmulos, constelaciones y otras maravillas del cielo.

## TO SPACE AND BACK

La exploración del espacio no sólo nos ayuda a descubrir cómo es el universo sino que, además, repercute en múltiples aspectos de nuestra vida cotidiana. El mundo no sería el mismo sin los avances científicos y tecnológicos que esta actividad ha propiciado.

## EL PRINCIPITO

*Espectáculo teatral para toda la familia.*  
Un clásico de la literatura representado por actores en vivo bajo el cielo estrellado del Planetario.

## TANGO 360

Una historia de pasión y baile, con la ciudad y las Cuatro Estaciones de Astor Piazzola como marco.

## EL CIELO PARA TODOS III

Planetario para personas ciegas.

## PLANETARIO PARA SORDOS E HIPOACUSICOS.

## ESPECTÁCULOS PARA ESTUDIANTES

**VIAJE A LA VELOCIDAD DE LA LUZ.** Para alumnos de Sala de 5 años, Nivel Inicial, 1er a 3er año EPB.

**VIDA EN EL UNIVERSO.** Para alumnos de 4to grado EPB a 2do año de Escuela Secundaria.

**COLISIONES CÓSMICAS.** Espectáculo astronómico para alumnos de 3ero a 5to año de Escuela Secundaria.

**ASTRONOMÍA DE POSICIÓN.** Espectáculo para alumnos de Nivel Terciario y Universitario.

## Museo

**El Exploratorio de San Isidro** expone en el Planetario.

**Rompe-Cráneos:** una exhibición interactiva que invita a los niños a conocer algunos de los grandes descubrimientos que cambiaron la historia de la humanidad.

## Observaciones

### TELESCOPIOS EN LA EXPLANADA DEL PLANETARIO

Reconocimiento de los astros más destacados del cielo de la fecha.

### CARPA SOLAR

Observación del Sol con telescopio solar y pantalla.

## Cursos

Actividad gratuita. Primer cuatrimestre:

### **Descubrir, Observar y Disfrutar el Cielo.**

Docente: Diego Hernández.

Curso práctico de observación para comprender el cielo.

### **Astronomía General.**

Docente: Mariano Ribas.

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

## Conferencias y clases magistrales

Ciclo de conferencias y clases abiertas a cargo de investigadores, docentes y científicos del ámbito nacional e internacional.

## El Planetario fue sede del BAFICI

15 al 25 de abril. Diez días a puro cine full dome en la sala del Planetario.

## Música bajo las estrellas

En 2015 vuelve el ciclo de conciertos que presenta diferentes géneros musicales bajo el imponente cielo estrellado del Planetario.

**Horarios y más información sobre nuestras actividades en [www.planetario.gov.ar](http://www.planetario.gov.ar)**



# Encuentros planetarios

Por Lucía Sendón, Directora del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Alberto Russomando

*Los miembros de APAS en la reunión de planetaristas en Buenos Aires.*

A fines de noviembre pasado se realizó en Buenos Aires el VIII Encuentro de la Asociación de Planetarios de América del Sur (APAS), en el que participaron no sólo directores y personal técnico de casi todos sus miembros, sino que también asistieron invitados especiales de Planetarios de Nueva York y México, y el presidente de la *International Planetarium Society* (IPS) y director del Planetario de Hamburgo, Dr. Thomas Kraupe. Estuvieron presentes representantes de planetarios de Argentina como La Plata, Malargüe, La Punta, Rosario y otros planetarios móviles, y además, de Uruguay, Chile, Brasil y Colombia.

**APAS** es una organización sin fines de lucro, creada a principios de la década del '70, que reúne a muchos planetarios de América del Sur. Su propósito es la cooperación y el intercambio interinstitucional mediante encuentros, seminarios, reuniones y otras actividades que potencian la tarea cotidiana. Cada dos años se realiza la reunión y se renuevan las autoridades. En esta última ocasión, se realizó en Buenos

Aires. La temática tratada fue **Construyendo Universos: Nuevos desafíos en la generación de espectáculos para Planetarios.**

Los planetarios cumplen una labor educativa y cultural de suma importancia. Son centros de divulgación científica que nacieron mucho antes que los museos de ciencia y tecnología. Tienen la magia de cambiar perspectivas: quienes los visitan

abandonan sus preocupaciones cotidianas para "viajar" por el espacio. Con la eclosión de la tecnología digital, los planetarios se modernizaron para convertirse en espacios de divulgación, no sólo de la astronomía y la astronáutica, sino también de otras ciencias afines, tecnología, arte y entretenimiento.

Actualmente los planetarios han renovado su equipamiento por tecnología digital con

sistemas de proyección de alta resolución a domo completo, equipados además con periféricos de audio e iluminación que proveen de una sensación de inmersión en las proyecciones. La producción audiovisual a domo completo, “full dome”, está surgiendo como uno de los segmentos significativos de la industria cinematográfica, con empresas creadas especialmente para tal fin, como también de grandes planetarios que dedican áreas de producción con cuantiosos recursos de procesamiento de imagen.

En Argentina hay tres planetarios con tecnología digital: Malargüe, Buenos Aires y La Plata. En América del Sur también existe un número considerable de ellos, pero son muy pocos los que tienen producción digital propia a domo completo. Por esta razón, estos encuentros de planetarios, con la participación de especialistas, permiten a directivos y personal conocer una muestra representativa de la producción mundial a domo completo, así como una muestra de las mejores prácticas interna-

cionales en materia de producción de contenidos, programas educativos, programas de divulgación, logística y otros temas propios de los planetarios.

Dada la temática a tratar durante el Encuentro, se invitó a destacados especialistas en producción de espectáculos, como Carter Emmart, director de Astrovisualización del *Rose Center for Earth and Space* del *American Museum of Natural History*, de Nueva York. Emmart realizó dos presentaciones: la primera sobre la generación del espectáculo “*Dark Universe*”, recientemente estrenado, y la segunda sobre un mapa 3D del universo, de su autoría.

Carter Emmart es un verdadero creador de espectáculos astronómicos y coordina a científicos, programadores y artistas para producir experiencias espaciales científicamente exactas y visualmente envolventes. Durante los últimos 12 años ha estado trabajando para crear una visualización tridimensional completa de nuestro universo. Durante el Encuentro de Planetarios presentó una demostración de este impactante

software. En Argentina lo descubrimos a través de la entrevista que el periodista Jorge Lanata le hiciera en su reconocido ciclo de documentales “26 personas para salvar al mundo”, <https://www.youtube.com/watch?v=-B3h2zV1-s>.

Otro de nuestros invitados, Thomas W. Kraupe, presidente de la *International Planetarium Society* y director del *Planetarium Hamburg*, no sólo expuso su experiencia en su labor como director, sino que expuso ante los miembros de APAS los beneficios de pertenecer a una asociación de la envergadura de IPS.

El Ing. Eduardo Hernández Carrillo, director general del *Planetarium Torreón* y presidente de la Asociación de Planetarios Mexicanos, realizó una interesante exposición sobre su experiencia en el nuevo planetario a su cargo, y también sobre las actualizaciones tecnológicas y estado de situación de los planetarios mexicanos.

Los restantes destacados invitados realizaron presentaciones especiales y presentaron ponencias sobre generación de espectáculos



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

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

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

**YAMAY**  
TURISMO SOCIAL Y  
AMBIENTALMENTE RESPONSABLE



*Como invitado especial se presentó Carter Emmart, director de Astrovisualización del Rose Center for Earth and Space-American Museum of Natural History de Nueva York.*

(sistemas de proyección, imágenes, guiones, sonido, musicalización, programación, etc.) y actualización tecnológica. Durante el evento las empresas *Evans and Sutherland*, *RSA Cosmos* y *Sky-Skan*, proveedoras de equipamiento para planetarios, realizaron demostraciones de gran interés para los planetaristas. Las jornadas del VIII Encuentro de Planetarios de América del Sur finalizaron con la designación de autoridades de APAS para el siguiente bienio, y el Planetario de Buenos Aires, representado por mi persona, tiene la presidencia por los próximos dos años.

### **Encuentro de la Asociación de Planetarios Mexicanos**

En diciembre pasado fui invitada a dar una conferencia en la reunión que organizó la Asociación de Planetarios Mexicanos en la ciudad de Torreón, México. Fue altamente constructivo compartir experiencias con miembros de los más de 30 planetarios de ese país y con invitados especiales como con el Dr. Marc Moutin, director de la Cité del Espacio de Toulouse, Francia, el Lic. Jesús Mendoza del CONACYT, el Dr. José Franco, director de divulgación científica de la UNAM, la prestigiosa universidad de la ciudad de México, y el astronauta mexicano José Hernández Moreno, que contó su mara-

villosa experiencia de vida al pasar de ser campesino a astronauta.

El primer día del encuentro, como directora del Planetario de Buenos Aires, me tocó presentar una ponencia sobre los desafíos de la modernización de los planetarios. La temática resultó de interés para los participantes dado que nuestro planetario fue modernizado hace pocos años y ya ha avanzado en la forma de presentación de

los espectáculos con la tecnología digital. Las presentaciones en vivo a domo completo constituyen un desafío por el que están transitando la mayoría de los planetarios del mundo, pero son pocos los que ya tienen producción propia. Nuestro planetario siempre fue pionero en las presentaciones en vivo y ya ha realizado su primera producción con tecnología digital, "Una de piratas", espectáculo infantil que cuenta con una muy buena aceptación por parte del público asistente, y que en el mes de junio próximo se proyectará también en el Planetario de Malargüe. Además, el "Planetario para personas ciegas" fue muy bien recibido en el país azteca dado que no existe en el mundo una producción de esta naturaleza.

Nuestra participación en ese Encuentro nos permitió conocer programas internacionales como "La Noche de las Estrellas", que sumaremos a nuestras actividades a través de un convenio firmado entre la Asociación de Planetarios Mexicanos y la Asociación de Planetarios de América del Sur, cuya presidencia estoy empezando a transitar.

La labor comunicadora exige tanto compromiso y esfuerzo como la adquisición de nuevos conocimientos. Los encuentros entre planetaristas contribuyen a mejorar el cumplimiento de la principal misión de los planetarios que es la educación no formal y la divulgación de las ciencias. ■



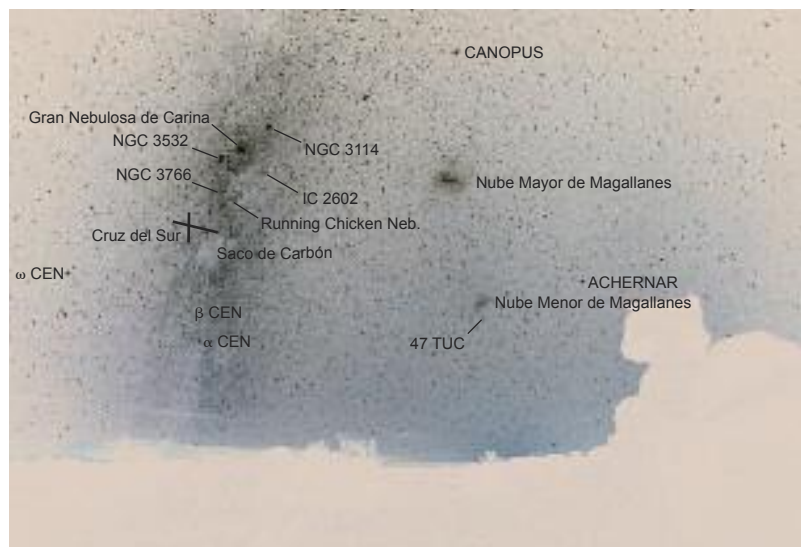
*Los miembros de la reunión de la Asociación de Planetarios Mexicanos que se realizó en diciembre en la ciudad de Torreón.*

# La fortuna de vivir al sur



Martín Langsam

El cielo del sur está plagado de objetos interesantes para observar a simple vista, con binoculares y con telescopios. Otoño e invierno son épocas excelentes para detenerse en la región de la Cruz del Sur y sus alrededores, que incluyen las constelaciones de Carina y el Centauro, y varias constelaciones pequeñas que hacen referencia a animales y elementos de la navegación. También son fácilmente visibles el Saco de Carbón, las Nubes de Magallanes y toda una zona de cúmulos abiertos en las cercanías de la Gran Nebulosa de Carina. Sólo algunos de estos objetos ilustran las siguientes páginas, con fotografías de campo amplio en las que se aprecian buenas porciones de cielo, y otras de primeros planos de objetos de cielo profundo. Sin embargo, estas pocas páginas sólo alcanzan para mostrar un pequeño porcentaje de los objetos que allí podemos encontrar, algunos de los cuales marcamos en el mapa de la derecha. Además, fue muy difícil la selección entre el enorme caudal de material que aportan nuestros astrofotógrafos amigos, siempre de extraordinaria calidad y belleza.



La imagen que ilustra esta página fue realizada en Ischigualasto, provincia de San Juan, y la estructura natural tan particular moldeada por el viento, que se asemeja a la Esfinge, lleva precisamente ese nombre en honor a su homónimo egipcio.

**Nube Menor de Magallanes**



Ignacio Díaz Bobillo

**Cruz del Sur y Gran Nebulosa de Carina**

También se aprecian la nebulosa *Running Chicken* y los cúmulos abiertos NGC 3766, NGC 3532, IC 2602 y NGC 3114, entre otros.



Sergio Eguívar



La Vía Láctea y la Cruz del Sur en el cielo de Yamay

Luciano Gabardi

**IC 2602**

El cúmulo abierto de las Pléyades del Sur, en la constelación de Carina, en la punta de una de las Falsas Cruces.



Alejandro Antognoni



Cúmulo abierto NGC 3766

Alejandro Antognoni

**IC 2499**

Nebulosa *Running Chicken* en la constelación del Centauro. La estrella brillante azul casi en el centro es Lambda ( $\lambda$ ) Cen.



Leonardo Julio

**Gran Nebulosa de Carina**



Leonardo Julio y Adriana Fernández

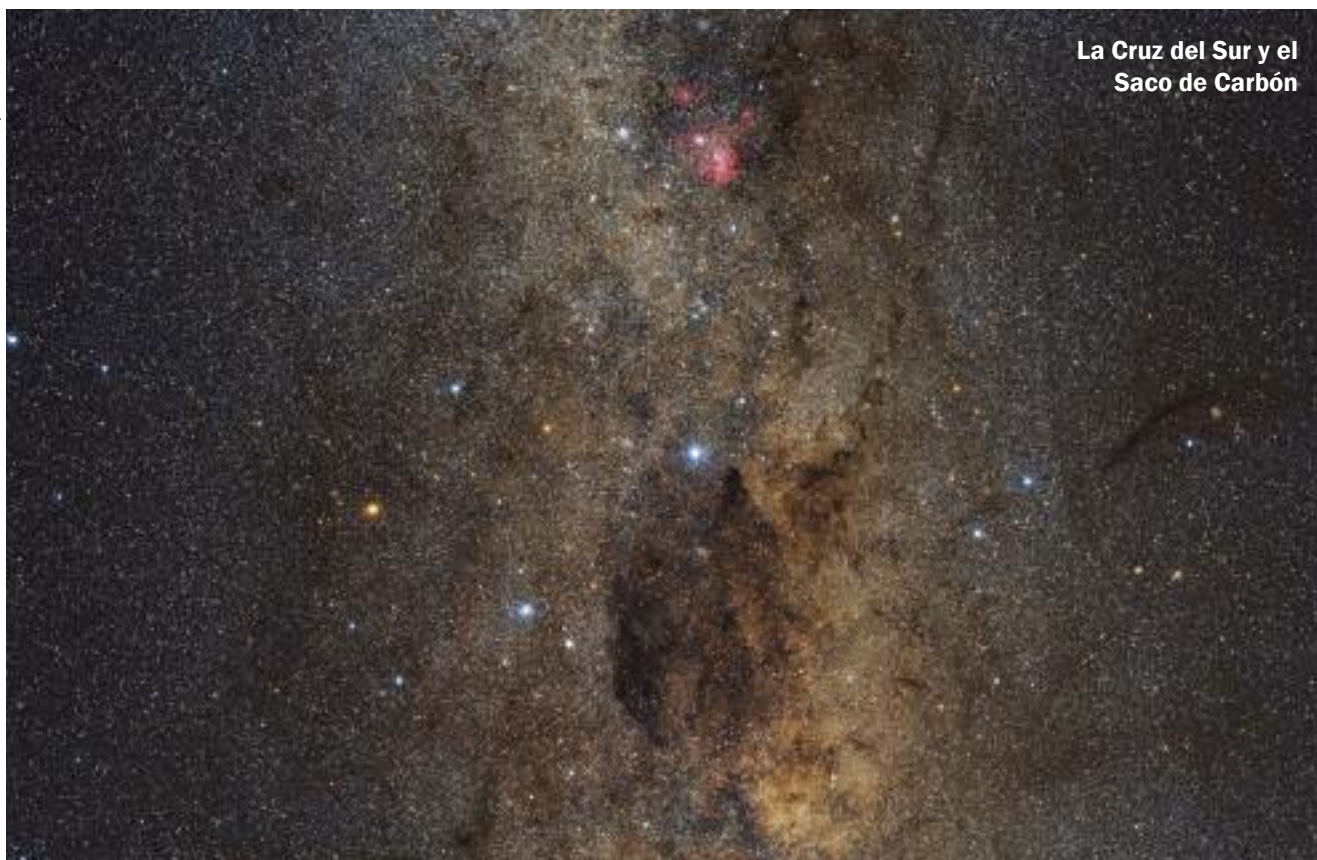
Andrea Anfossi



**Viaje a las estrellas**

La Cruz del Sur y Alfa y Beta Centauri, rozando el horizonte, delante del micro que habitualmente nos transporta a Yamay a disfrutar de su imponente cielo.

Ezequiel Bellocchio



**La Cruz del Sur y el Saco de Carbón**





### El Mañic

Las nubes oscuras, densas y frías que se interponen entre el fondo de las estrellas del sector más grueso de la Vía Láctea son utilizadas por los pueblos originarios como constelaciones. Para los mocovíes del Chaco, es un gran ñandú que los persigue por el monte. El Saco de Carbón, debajo de la Cruz del Sur, es la cabeza; y hacia abajo, el cuerpo del ave.

## QUASARES

# Los objetos más poderosos y brillantes del universo

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



*Representación artística de un cuasar y su disco de acreción (NASA).*

Los cuasares son las criaturas más extremas del cosmos. Extremadamente masivas, extremadamente calientes y extremadamente brillantes. ¿Lo son... o lo fueron? En realidad, son objetos que dominaron la primera mitad de la historia del universo. Poco a poco, fueron “apagando” su furia inicial. Desde nuestro punto de vista, se encuentran muy lejos en el espacio y en el tiempo. Ni los más grandes telescopios pueden mostrarlos en detalle. Aún así, no es poco lo que se sabe de ellos. A continuación exploraremos su historia, sus extraordinarios rasgos y sus misterios.

**H**asta hace apenas medio siglo, nadie hablaba de cuasares. De hecho, el camino hacia su descubrimiento recién comenzó con el nacimiento de la radioastronomía, una ciencia surgida inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial en países como Estados Unidos, Inglaterra y Australia. Los primeros radioastrónomos escudriñaban el cielo con toscas antenas que, poco a poco, fueron ganando elegancia y ta-

maño, hasta llegar a decenas de metros de diámetro. Eran los primeros radiotelescopios, parientes de los telescopios que, en lugar de mirar en luz visible, lo hacían en las mucho más largas, menos energéticas e invisibles ondas de radio. Y con esos aparatos, frecuentemente, los científicos detectaban llamativas emisiones de radio que provenían de distintas partes del cielo. De hecho, algunas de esas señales eran particularmente intensas, como Cygnus A, una “radiofuente”

emblemática, detectada en 1951 en la constelación boreal del Cisne. Fue el primer paso hacia la detección de los cuasares.

### “Radiofuentes”: un enigma en los cielos

Pero los radiotelescopios no podían determinar, por sí solos, la posición exacta de Cygnus A y de las demás radiofuentes en el cielo. Determinar la posición exacta era fundamental para saber cuál era el objeto responsable de esas emisiones de radio. Por

lo tanto, había que recurrir a los telescopios. Y así fue: un grupo de astrónomos del flamante observatorio de Monte Palomar, en California, se lanzó a la cacería visual de Cygnus A con el telescopio Hale. Curiosamente, el único objeto visible que estaba en la zona de la radiofuente era una pálida manchita de luz. La “contrapartida visible” de Cygnus A no parecía gran cosa, pero resultó muy importante en toda esta historia: teniendo en cuenta la potencia de esa radiofuente, los científicos pensaban que, sea lo que fuere, debía ser un objeto propio de nuestra galaxia. Pero cuando los astrónomos de Monte Palomar analizaron espectralmente la luz visible del objeto sospechoso, concluyeron que esa cosa estaba a unos impresionantes 1000 millones de años luz. Conclusión: Cygnus A era una radiofuente prodigiosa. Sólo así era posible que, desde tan lejos, sus ondas de radio llegasen hasta la Tierra con tanta intensidad. Hoy sabemos que Cygnus A es una de las tantísimas *galaxias activas* conocidas por los astrónomos, islas de estrellas con núcleos extremadamente activos y brillantes. Pero Cygnus A no es un quasar. A pesar de toda su furia y energía central, le falta mucho para ponerse ese traje.

A fines de los años '50, los radioastrónomos ya habían detectado unas 2000 radiofuentes en todo el firmamento, y sus colegas visuales, los astrónomos, ya habían observado

y fotografiado con sus telescopios a decenas de sus posibles “contrapartidas visibles”: en general, se trataba de galaxias lejanas (como Cygnus A), supernovas extragalácticas e, incluso, estrellas muy calientes y luminosas de la propia Vía Láctea. Pero había un puñado de radiofuentes, tan intensas como *puntuales*, que se resistía a identificarse. Eso impedía que los radiotelescopios pudieran ubicarlas, lo que, a su vez, hacía que toda pesquisa telescópica fuese casi imposible. Pero todo cambió de golpe cuando un joven radioastrónomo se despachó con una estrategia muy ingeniosa.

### La Luna y 3C 273

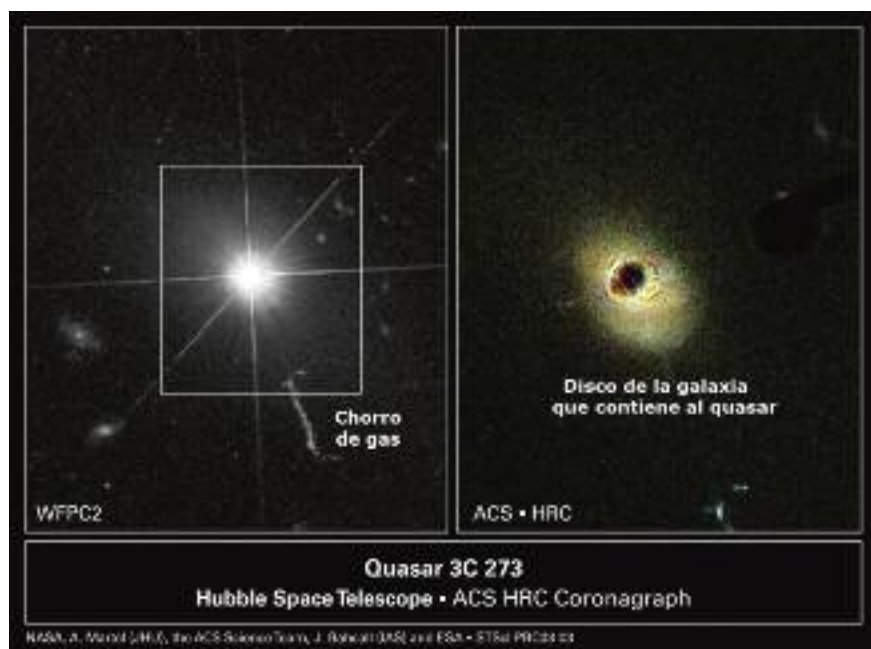
En 1962, un grupo de radioastrónomos se lanzó a explorar el cielo con un flamante radiotelescopio de 64 metros de diámetro, instalado en Parkes, Nueva Gales del Sur, Australia. Allí estaba el radioastrónomo británico Cyril Hazard, quien sabía que ni siquiera con esa antena monumental podría determinar con precisión la ubicación de las misteriosas radiofuentes más pequeñas. Pero tenía un plan: “contratar” a la Luna de ayudante. Su idea era observar y medir el momento exacto en el que la Luna ocultara y luego “destapara” a una de esas radiofuentes. La elegida para el experimento fue una de las más brillantes: 3C 273, ubicada en el cielo en la constelación de Virgo (el nombre tiene su explicación: es el objeto número

273 del Tercer Catálogo de radiofuentes de Cambridge). Si se rastreaban las señales de radio de 3C 273 antes, durante y después de que la Luna la ocultara, se podrían determinar con precisión los momentos en que esas señales desaparecían y reaparecían. De ahí a ubicar su exacta posición en el cielo, sólo había un paso. Hazard y su equipo no observaron una, sino tres ocultaciones (y reapariciones) de 3C 273. Y así determinaron su ubicación con una precisión asombrosa e inédita: menos de 1 segundo de arco. La poderosa radiofuente ya estaba acorralada. Sólo había que apuntarle un gran telescopio para revelar su identidad visual.

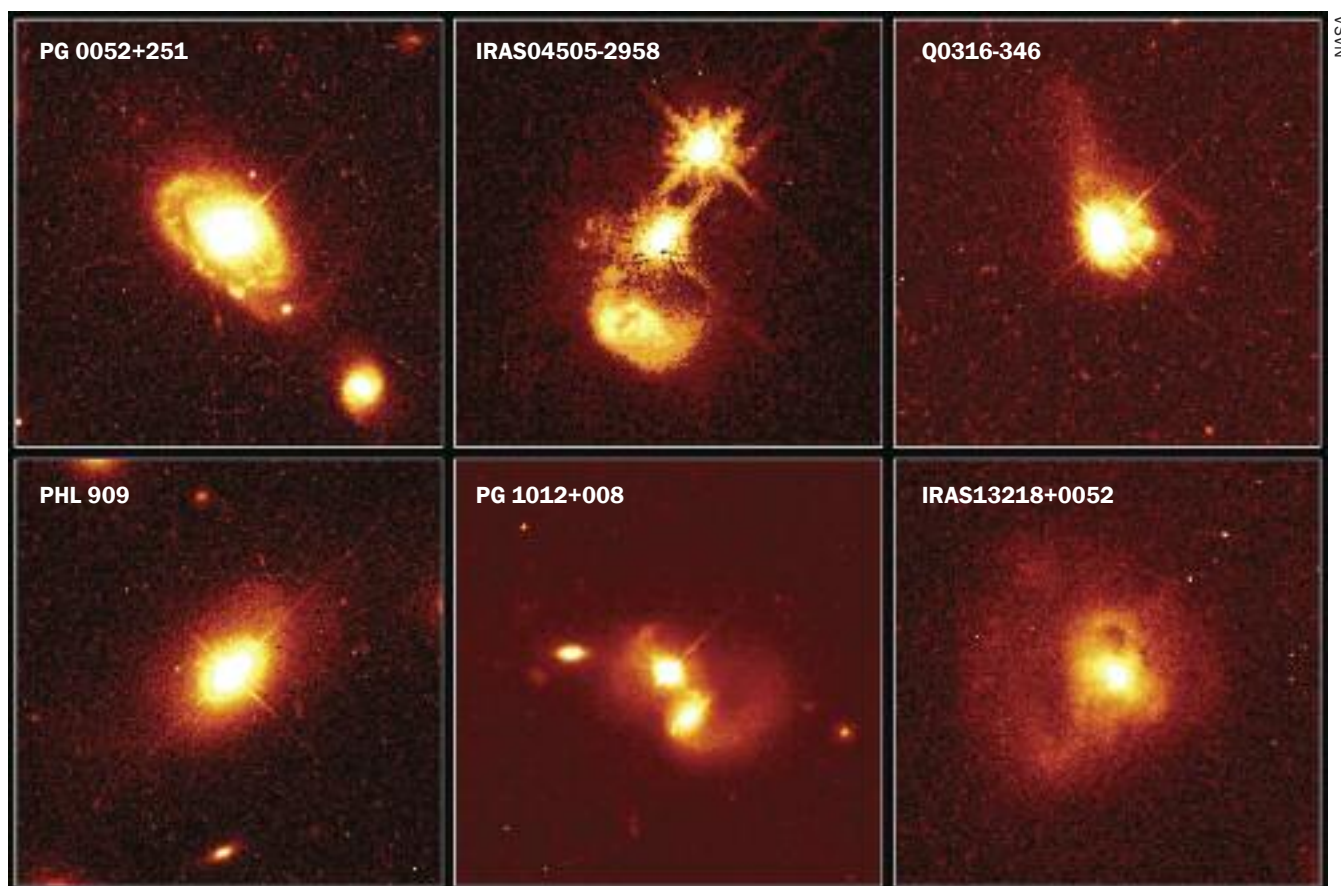
Y así fue: inmediatamente después, Hazard envió sus preciosas y finísimas coordenadas celestes al observatorio de Monte Palomar. Nuevamente, el telescopio más grande del mundo (por ese entonces) jugó un rol clave en esta historia: reveló una especie de estrella borrosa, bastante brillante (magnitud 13, es decir, al alcance de un telescopio amateur) con un fino apéndice. A partir de esta observación, se empezó a hablar de 3C 273 B (la “estrella”) y de 3C 273 A (el apéndice o “jet”). La cosa iba tomando color. Color quasar. Aunque, la verdad, esa palabra todavía no existía.

### 1963: el descubrimiento

El gran hito llegó al año siguiente, y su protagonista fue Maarten Schmidt, un joven astrónomo holandés que trabajaba en el Instituto de Tecnología de California (Caltech). Schmidt dio un paso más allá y echó mano a la herramienta de oro de la astrofísica: la espectroscopía, el análisis de la luz, emitida o reflejada por los astros. Y se sorprendió: “*Medí el espectro de 3C 273 con el telescopio Hale y me encontré con líneas no reconocibles*”, contaba el científico, ya anciano, en la edición de septiembre de 2013 de la revista especializada *Sky & Telescope*. Y agregaba: “*Pero seis semanas más tarde, volví a mirarlas (...) y descubrí que esas líneas de emisión tenían la misma intensidad y espacios entre sí que las líneas emitidas por los átomos de hidrógeno. Para mi asombro, esas líneas estaban corridas hacia el extremo rojo del espectro en un factor de 0,158*”. Ese corrimiento al rojo<sup>1</sup> de casi 16% que mostraba la luz de 3C 273, tenía asombrosas implicancias en velocidad y, más aún, en distancia. Sea lo que fuere, esa cosa se estaba alejando a más



Quasar 3C 273 con su chorro de gas y el disco de la galaxia que lo contiene en su núcleo (NASA-ESA).



Varios cuasares tomados por el Telescopio Espacial Hubble.

de 40.000 km/seg de nosotros. Siguiendo la venerable Constante de Hubble<sup>2</sup>, esa velocidad también indicaba que 3C 273 debía estar a más de 2000 millones de años luz de la Vía Láctea. “Sabía que debía ser un objeto de tipo galáctico muy lejano”, recuerda Schmidt. “Y si estaba a semejante distancia, debía ser increíblemente luminoso: una ‘estrella’ que superaba en brillo a galaxias enteras”.

**Quasares: el nombre de las bestias**

Las revelaciones de Schmidt patearon el tablero de la Astronomía: ¿cómo era posible que algo tan lejano pudiese verse tan brillante (en términos relativos, claro está)? Para levantar más la temperatura, poco más tarde Schmidt hizo un análisis espectral de 3C 48 (otra potente radiofuente, inicialmente identificada por Allan Sandage, de *Carnegie Observatories*), y calculó que estaba a 4 ó 5 mil millones de años luz de la Vía Láctea. Lógicamente, ante semejantes números, muchos astrónomos dudaron de sus mediciones. Lo que no les cerraba no eran

las distancias (al fin de cuentas, ya se habían observado cúmulos galácticos aún más distantes) ni las velocidades de alejamiento (hacia décadas que los astrónomos ya sabían que el universo estaba en velocísima expansión, arrastrando consigo a las galaxias). Lo que les resultaba teóricamente insoportable era la supuesta y extraordinaria luminosidad (y energía asociada) de estos especímenes. Para verse como se veía (en radio y en luz visible), el ahora legendario 3C 273 (A y B) debía brillar 40 ó 50 veces más que las galaxias más luminosas conocidas en aquel entonces.

Después del histórico hallazgo de Maarten Schmidt, pasaron años y años de largos y acalorados debates sobre la verdadera naturaleza de 3C 273, 3C 48 y otras potentes radiofuentes de aspecto engañosamente estelar (por lo puntuales). Lo que no tardó mucho en aparecer fue su nombre, que tenía una directa relación con lo anterior: en 1964, el astrofísico estadounidense de origen chino Hong Yee Chiu (Universidad de Princeton) acuñó el tér-

mino *quasar*, una juguetona abreviatura de *quasi stellar radio source* (radiofuente casi estelar). El nombre remitía a lo básico e indiscutible: los quasares eran objetos emisores de ondas de radio, que en luz visible se parecían a las estrellas. Pero con el tiempo, esa palabrita adquirió dimensiones literalmente monstruosas.

**Núcleos de galaxias**

Si las distancias y los brillos de los quasares ya habían incomodado a muchos astrónomos, fue peor aún cuando algunas observaciones –basadas en sus rápidas fluctuaciones de luminosidad– sugerían que eran objetos relativamente chicos. Quizás, de “sólo” 10 ó 20 mil millones de km de diámetro. Parecía inconcebible que algo tan pequeño pudiese liberar semejantes cantidades de energía en forma de ondas de radio y luz visible. Ante todo este panorama, no es raro que hayan surgido explicaciones alternativas: quizás, eran simples objetos del “Grupo Local”, la familia de cerca de 70 galaxias de la que forma parte la Vía Láctea, situados a



## Quasares modelo 2015

Desde el descubrimiento de Maarten Schmidt, los quasares han dejado de ser una limitada colección de extravagantes bestias astrofísicas. Hoy en día, ya se han catalogado cientos de miles. Y sólo en la última década, un programa internacional de sondeo, llamado *Sloan Digital Sky Survey* ha detectado 150 mil quasares. Algunos, tan “cercanos” como el legendario 3C 273, a 3 mil millones de años luz; y otros, tan lejanos que arañan los límites del universo observable, a tal punto que su luz, sus ondas de radio y otras formas de radiación, han tardado 13 mil millones de años en llegar a la Tierra. Censos astronómicos de esta escala, lógicamente, han permitido saber más sobre sus rasgos, su historia y su evolución.

### El modelo estándar

A partir de múltiples observaciones realizadas con diferentes instrumentos y longitudes de onda, los astrónomos clasifican a los quasares a partir de tres parámetros principales: masa del agujero negro central, velocidad de giro del disco de acreción, y el ángulo con el que los vemos desde la Tierra. Así describen su anatomía según este modelo estándar (ver gráfico):

- 1)** Un disco de acreción gaseoso “alimenta” a un agujero negro supermasivo, con un tamaño similar al del Sistema Solar (10 a 20 mil millones de km de diámetro). Un jet bipolar, con materiales expulsados a velocidades sub-lumínicas, nace en sus cercanías.
- 2)** Más allá, entre 0,5 a 1 año luz del centro, el disco de acreción comienza a estar dominado por oscuras nubes de polvo.
- 3)** Más lejos aún, a cientos de años luz, un grueso anillo de polvo, más frío y oscuro, cierra la estructura.

La presencia de pesados envoltorios de polvo, justamente, sumada a los diferentes ángulos de visión, explicarían ciertas variaciones en el brillo de los quasares.

### Origen y evolución

Según los modelos actuales, los quasares son agujeros negros supermasivos, rodeados de ardientes discos de acreción, que emiten poderosos chorros de radiación. Nacieron y crecieron en los núcleos de las galaxias primitivas, cuando el universo tenía unos cientos de millones de años. Su población alcanzó su máximo 3 a 4 mil millones de años después, en plena juventud del cosmos. Durante los miles de millones de años siguientes, los quasares perdieron su furia inicial, a medida que sus agujeros negros supermasivos se quedaron sin “alimento” a su alrededor (gas, polvo y estrellas). Paradójicamente, sus propios mecanismos de funcionamiento pudieron ser la causa de su gradual decadencia: sus luminosidades extremas “soplaron” hacia afuera los materiales de sus alrededores, dejándolos sin el “combustible” que alimentaba su furia juvenil. De hecho, en el universo cercano ya no hay quasares: todo lo que quedó de esos monstruos que dominaron el cosmos hace unos 10 mil millones de años son los núcleos de galaxias activas y los núcleos más calmos de galaxias como la Vía Láctea; súper agujeros negros que han menguado considerablemente su furia y su actividad periférica... Quasares dormidos.

pocos millones de años luz, moviéndose, vaya a saber por qué, a velocidades cercanas a la de la luz; o su corrimiento al rojo podía deberse a una “nueva física” por entonces desconocida.

Sin embargo, todas estas dudas y especulaciones se cayeron a pedazos a partir de 1978, cuando Alan Stockton (Universidad de Hawái) descubrió que varios cuasares estaban rodeados por galaxias con corrimientos al rojo muy similares. Además, en los años '80 y '90 entró en acción la poderosa alianza súper telescopios-cámaras CCD. Con estas herramientas (entre ellas, el Telescopio Espacial Hubble), los astrónomos comenzaron a fotografiar varios cuasares, y así confirmaron una vieja sospecha: las difusas brumas que rodeaban a objetos puntuales como 3C 48, 3C 273 y muchísimos otros, no eran otra cosa que cuerpos galácticos. Los cuasares eran los brillantísimos núcleos de galaxias situadas a miles y miles de millones de años luz, abrumadoramente más brillantes que los núcleos de galaxias como la Vía Láctea, Andrómeda o tantísimas otras de la vecindad cósmica. Pero... ¿por qué?

## El motor de la furia

Había cosas que estaban claras: los cuasares no estaban asociados a supernovas, estallidos de rayos gamma u otros fenómenos violentos y brillantes, pero a la vez, de cortísima

duración. Más allá de sus fugaces fluctuaciones, estas criaturas mostraban una luminosidad tan extrema como duradera. Además, parecían ser objetos chicos. ¿Cuál podía ser el motor de semejante furia energética?

La explicación más convincente surgió a poco de su descubrimiento. A fines de la década del '60, los astrofísicos rusos Yákov Zeldóvich e Ígor Nóvikov, por un lado, y el británico Donald Lynden-Bell, por el otro, lanzaron esta hipótesis: los cuasares serían agujeros negros supermasivos —con miles o millones de masas solares— rodeados de colosales discos de acreción formados por gas ardiente, girando a toda velocidad a temperaturas de millones de grados. La radiación que emite el quasar, justamente, proviene de esos materiales que, además, “alimentan” al monstruo gravitatorio al que rodean y orbitan. El modelo actual de los cuasares conserva lo esencial de esta explicación (ver recuadro).

Curiosamente, las evidencias más fuertes que avalan este modelo se encontraron “aquí nomás”: los núcleos de las grandes galaxias cercanas parecen estar dominados por agujeros negros supermasivos, y a su alrededor, girando a toda velocidad, se observan frenéticas corrientes de estrellas y masas de gas y polvo, incluso en la Vía Láctea.

A una escala intermedia, los núcleos de las llamadas *galaxias activas* serían parientes de los cuasares, o lo que queda de ellos en estos tiempos del universo. Esto explicaría muchas cosas, como la amplia variedad de *galaxias activas* que se conoce. Al parecer, los cuasares y las *galaxias activas* son parte de un mismo fenómeno, pero en distintas fases de su evolución. Los cuasares serían la primera fase, la más violenta y energética.

Medio siglo después de su descubrimiento, es mucho lo que se ha aprendido sobre las criaturas más poderosas del cosmos. Aún así, muchas cuestiones quedan pendientes. Entre ellas, cómo fue posible que esos agujeros negros supermasivos crecieran tanto y tan rápido durante la infancia y juventud del universo, que fue, justamente, la época dorada de los cuasares; o cómo han influenciado el propio desarrollo de sus galaxias anfitrionas. Preguntas asombrosas que esperan respuestas asombrosas. Nada raro, tratándose de criaturas asombrosas. ■

“Según los modelos actuales, los cuasares son agujeros negros supermasivos, rodeados de colosales y ardientes discos de acreción, que emiten poderosos chorros de radiación, formados cuando el universo tenía apenas unos cientos de millones de años.”

## 1 Corrimiento hacia el rojo

Es un concepto físico complejo y con varias aristas, pero vamos a acotarlo al caso que aquí nos interesa. En pocas palabras, es un fenómeno por el cual la radiación electromagnética (luz visible, en este caso) que emite o refleja un objeto (un astro en este caso) se “estira” hacia el extremo rojo del espectro electromagnético. Dicho de otro modo, es un incremento en la longitud de onda original de la luz emitida o reflejada por un astro (y una consecuente reducción de su frecuencia). En términos generales, el corrimiento al rojo de la luz ocurre cuando el astro se está alejando del observador. En estos casos, el alejamiento —y el corrimiento al rojo consecuente, mayor o menor, según su distancia— es el resultado de la propia expansión del universo. Más allá de su nombre, el término se aplica también a los desplazamientos observados en las formas de radiación electromagnética no visibles, como la luz ultravioleta, infrarroja, o los rayos X. El fenómeno suele denominarse también Efecto Doppler, aunque este último término remite más específicamente a un cambio de longitud de onda y frecuencia en las ondas de sonido.

## 2 Constante de Hubble

En 1929, el astrónomo Edwin Hubble propuso que el universo se expandía, y que lo hacía siguiendo una proporcionalidad: cuanto más lejana está una galaxia, mayor es su velocidad de alejamiento. Esta relación distancia/velocidad de alejamiento (o “de escape”) se expresa matemáticamente en la Constante de Hubble, cuyo valor actual se estima en torno a los 70 km/s por Megaparsec (1 Megaparsec equivale a 3,26 millones de años luz). Por ejemplo: una galaxia situada a 1000 Mpc se aleja de nosotros a 70.000 km/seg.



Tapa de la revista Time de 1966, con el astrónomo Maarten Schmidt, descubridor de los cuasares.



AudioStar DS 102

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

Además tenemos en stock un gran stock de...

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

**VENGA A VERLOS EN ACCION !**

Y DISFRUTE DE NUESTRO ASESORAMIENTO PROFESIONAL

Disponibles linea completa de accesorios, oculares, filtros, adaptadores fotograficos, duplicadores de potencia, prismas y lasers.



OPTICA-FOTOGRAFIA-VIDEO  
**cosentino**

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

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



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

## Fundación Siemens reafirma su compromiso social

Corporate Sustainability.

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

haciendo principal hincapié en la formación de las nuevas generaciones a través de sus programas Educación & Movilidad social, Servicios básicos & Estructuras sociales / "Encourage", Identidades culturales & Arte y Medio ambiente.