

SI MUOVE

NÚMERO 13 - VERANO 2016/17

Nuevo Museo

Espacio astronómico interactivo

En el Planetario estamos generando un lugar de experiencias únicas donde la diversión, el asombro y el descubrimiento estén siempre presentes. Un espacio para la divulgación del conocimiento científico-astronómico a través de una propuesta museográfica impactante desde lo conceptual y desde lo tecnológico.



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 13 - VERANO 2016/17

STAFF

Editora Responsable
ALEXIA SILVA MASCARENHAS

Director Periodístico
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

Director de Arte / Diseño Gráfico
ALFREDO MAESTRONI

Secretario de Redacción
MARIANO RIBAS

Redactores de esta edición
GUILLERMO ABRAMSON
MAXIMILIANO ROCCA
DIEGO CÓRDOVA
ADRIANA RUIDÍAZ
RAFAEL GIROLA
CLAUDIO H. SÁNCHEZ
MARTÍN CAGLIANI
ABEL SAPORITI

Colaboradores
Juan Carlos Forte, Andrea Anfossi,
Carlos Di Nallo, Leonardo Julio, Martín
Langsam, Cristian López, Edgardo Sborlini,
Mariana Roig, Pablo Iskandar.

Correctores
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

Foto de tapa
NGC 7293 Nebulosa Helix. Crédito: NASA,
JPL-Caltech (Spitzer + GALEX).

Agradecimientos
JPL/NASA. Renata Cunha Arts.

Administración
SEBASTIÁN DUFFY
MARCELA BARBIERI

Impresión
IMPRENTA DEL GOBIERNO DE LA CIUDAD
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 Modernización

Jefe de Gobierno - Horacio Rodríguez Larreta
Ministro de Modernización - Andrés Freire
S. S. de Ciudad Inteligente - Andrés Larre
Directora del Planetario - Alexia Silva Mascarenhas



Andrea Anfossi

EDITORIAL

Es un honor para mí escribir este editorial, y lo primero que viene a mi mente es agradecer al gran equipo de profesionales del Planetario. Me han recibido con calidez y colaboración, y es una fortuna para la institución tener un equipo que quiere tanto su trabajo. También quiero agradecer a los que hacen *Si Muove* y a todos sus colaboradores. Sin ellos esto no sería posible. El Planetario ahora es parte del Ministerio de Modernización, Innovación y Tecnología. En este pasaje emprendemos un proceso de innovación que tiene como objetivo la divulgación científica a través de medios interactivos y participativos. Buscamos integrar mediante la tecnología y ofrecer contenidos innovadores y creativos que ayuden a inspirar el universo futuro.

Yuri Gagarin, el primer hombre en viajar al espacio, dijo al entrar en órbita: "Veo la Tierra... ¡es tan hermosa!". Así nos dio por primera vez una imagen que iba a cambiarnos para siempre, nuestro planeta azul flotando en el negro espacio.

Más tarde nos interpeló diciendo: "Gente del mundo... ¡Permítannos salvaguardar y aumentar esta belleza, no destruirla!".

Buscaremos expandir nuestra visión, observar el espacio desde la Tierra y, también, la Tierra desde el espacio, y así crear conciencia sobre nuestra responsabilidad como integrantes de la tripulación de esta "nave espacial" que llamamos Tierra.

Desde *Si Muove* y el Planetario tenemos la invaluable posibilidad de poner al alcance de todos los conocimientos astronómicos y científicos que tanto nos apasionan y enseñan sobre el universo y nosotros mismos. Los dejo con un número que recorre el espacio, la Tierra y el hombre desde la astronomía, la ficción, la cultura, la geología, la historia y la conservación. ¡Que lo disfruten!

Lic. Alexia Silva Mascarenhas

Directora Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



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

SUMARIO

5-7 /// Titular. 8 /// Actividades. 9-10 /// El largo ciclo de Mercurio. 11-13 /// El cometa Kohoutek.
14-17 /// Mundos que nunca fueron. 18-23 /// Planetas, su observación a través de la historia.
24-25 /// Astrofotografía. 26-28 /// Eclipse de Sol. 29-30 /// Ecosistemas y extinciones.
31-33 /// Terremotos y volcanes. 34-36 /// Parques espaciales. 37-43 /// Cohetería. 44-46 /// Astronáutica.



La Superluna: ¿astronomía o marketing?

La Luna es el astro que más mitos ha provocado a través de la historia. Y lo sigue haciendo. Nuestro satélite alcanza su punto más cercano a la Tierra (perigeo) cada 27 días y medio. Tres o cuatro veces al año eso coincide con la Luna llena. El 14 de noviembre pasado fue una de esas oportunidades. Últimamente, este hecho se ha transformado en un fenómeno mediático llamado Superluna, con más aspectos publicitarios que astronómicos. Esta vez, la promoción estuvo apoyada por los anuncios en la página web de la NASA, que de marketing algo sabe. Según la NASA, la Luna del pasado 14 de noviembre iba a ser la más cercana a la Tierra desde 1948, y no se volvería a repetir hasta 2034.

Superluna no es un término astronómico. Fue inventado por un astrólogo estadounidense que, además, predijo que la de 2011 produciría terremotos y otras catástrofes. Obviamente, ese año hubo, en promedio, tantos movimientos sísmicos como ocurre habitualmente. Nada extraordinario.

Si bien, fríamente, los números son precisos, la diferencia entre una Superluna y otra es completamente insignificante, y el ojo humano es incapaz de notar la diferencia. Nuestros sentidos son limitados.

La distancia media entre la Luna y la Tierra es de 384.403 km. En el perigeo, la Luna está a unos 354.000 km, y en el apogeo, a 405.000 km. La distancia que nos separa de la Luna en los perigeos puede variar

unos 1000 km. La diferencia entre una Superluna y otra se puede entender mejor a través de la siguiente escala: imagínemos que una persona está en Mar del Plata, sobre la costa; luego la persona avanza en dirección a Buenos Aires unas 10 cuadras. En rigor, la persona está más cerca de la Capital Federal, pero... ¿es significativa la diferencia?

Como todas las modas y los términos publicitarios, que esconden una mentira disfrazada de verdad, la Superluna entorpece la verdadera divulgación científica, crea un marco de misticismo y oculta los verdaderos valores educativos de la ciencia. Las superlunas son fenómenos comunes y habituales, y como mucho, pueden incitar, a través de los medios, a salir a mirar algo que se puede ver en cualquier otro momento.

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



Andrea Antofossi

Muerte estelar

Leonardo Julio



En la portada de esta edición publicamos una imagen combinada en infrarrojo, realizada por el Telescopio Espacial Spitzer, y en ultravioleta, del Galaxy Evolution Explorer (GALEX), ambos de la NASA, de la nebulosa planetaria Helix (NGC 7293 o la Hélice).

Una nebulosa planetaria está formada por los restos de una estrella de masa similar al Sol, que ya ha expulsado una buena cantidad de sus gases al espacio, tras sus últimas etapas evolutivas. En el centro, una enana blanca, pequeña y compacta, se enfría lentamente. Desde nuestra perspectiva, los gases en expansión aparentan esa forma de anillo, aunque es más cercana a una esfera. El nombre de este tipo de objetos se debe a que, en muchos casos, vistos a través de telescopios presentan discos similares a los planetas, aun-

que nada tienen que ver con ellos.

Helix se encuentra a casi 700 años luz, en la constelación de Acuario, posee dos años luz de diámetro y se puede observar fácilmente a través de telescopios de aficionados bajo cielos oscuros. Se supone que la forma de hélice se debe a dos períodos diferentes de expulsión de gases, que tuvieron origen hace 6000 y 12.000 años respectivamente.

El Spitzer es un observatorio espacial especializado en tomar radiaciones infrarrojas que permiten "observar" y analizar de otra forma los objetos celestes. El GALEX se especializa en radiaciones ultravioletas de galaxias lejanas. En la imagen de esta página se ve una foto de Helix realizada por Leonardo Julio en luz visible, desde Intendente Alvear, La Pampa.

Titilar

Por Dr. Guillermo Abramson, Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro.
g.abramson@gmail.com, guillermoabramson.blogspot.com

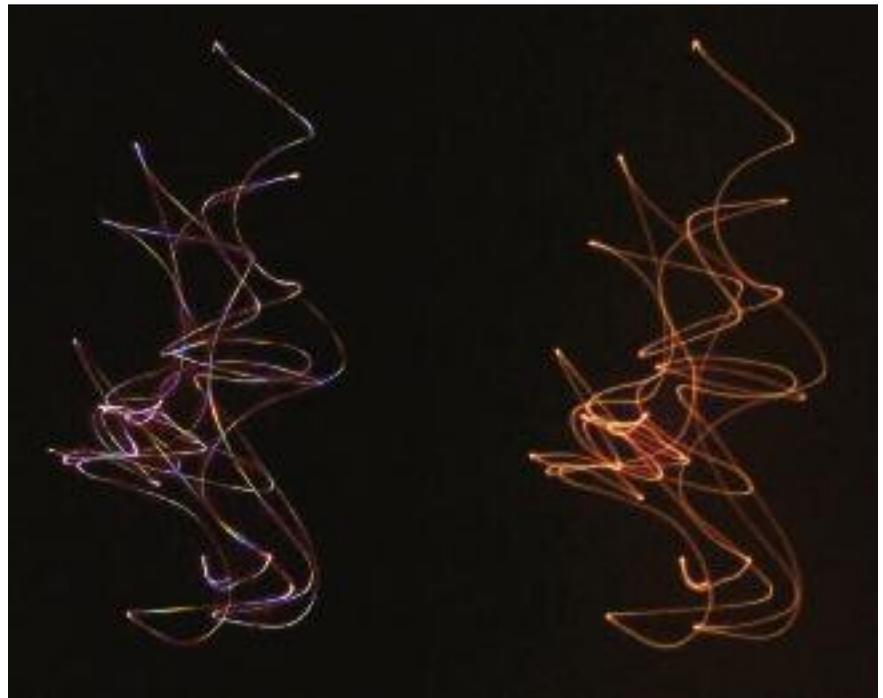
*Twinkle, twinkle, little star,
How I wonder what you are,
Up above the world so high,
Like a diamond in the sky.*

Es una canción de cuna muy conocida en inglés: *Brilla, brilla estrellita / Me pregunto qué serás / Tan alta sobre el mundo / Como un diamante en el cielo*¹. Un diamante, que brilla con luces multicolores como una estrella titilando. Como *Lucy in the sky with diamonds*, también. El propio Tycho Brahe comparó su *Stella Nova*² con un diamante. La comparación de las estrellas titilantes con los fluctuantes reflejos internos de los diamantes es un tema recurrente en la cultura, como se ve.

TODO EL MUNDO SABE QUE LAS ESTRELLAS TITILAN. Mucha gente, además, sabe que los planetas no titilan, y saben usar este hecho para identificar los planetas a simple vista en el cielo nocturno. En ocasiones un planeta se acerca mucho a una estrella de brillo similar y nos da una rara oportunidad de capturar fotográficamente el fenómeno. La figura muestra una conjunción del planeta Saturno con la estrella Spica (la Espiga en manos de Virgo), brillando ambos casi con la misma magnitud. La técnica está explicada en el epígrafe de la imagen. ¿Qué es lo que vemos allí? Lo que vemos es, justamente, el titilar de la estrella y el no titilar del planeta. Como la exposición es larga (seis segundos), a medida que pasa el tiempo la imagen de la estrella se mueve por la foto. Así que vemos sus cambios temporales de brillo y de color extendidos a lo largo de la traza. La imagen de Saturno hace el mismo recorrido, pero su brillo se mantiene prácticamente constante y no cambia de color. La estrella titila, el planeta no.

¿Por qué titilan las estrellas y los planetas no?

Se trata de un fenómeno conocido desde la Antigüedad, y durante siglos se creyó que era una ilusión óptica. Aristóteles en su libro *Sobre el Cielo* decía que los planetas no titilan porque están



Guillermo Abramson

Saturno y Spica, el 21 de febrero de 2012. Se trata de una fotografía astronómica inusual, que rompe con la prescripción tradicional de seguir el movimiento del cielo con toda precisión. La foto está tomada con la cámara en la mano, sin preocuparse en absoluto de mantenerla estable. Más bien todo lo contrario. Hay que usar un teleobjetivo adecuado para que ambos, planeta y estrella, quepan juntos en la misma foto. Se hace un disparo prolongado, de varios segundos, y por el temblor de la cámara ambos dejan exactamente las mismas trazas caóticas.

cerca y nuestra visión los alcanza sin problema, mientras que las estrellas están muy lejos y la vista flaquea para alcanzarlas. Es una explicación basada en un mecanismo de la visión incorrecto pero habitual de su época. Se

creía que la visión funcionaba al revés de como realmente lo hace, con “algo” que salía de los ojos a “tantear” el objeto observado. Análogo al tacto, pero con dedos invisibles.

El primero en sostener que no era una

ilusión sino un verdadero fenómeno fue Johannes Kepler, gran innovador de la Óptica y descubridor de las leyes del movimiento planetario en el siglo XVII. Y fue Isaac Newton quien lo explicó correctamente en su tratado de Óptica. Newton dice que la causa del titilar de las estrellas es el temblor del aire. Y agrega que para instalar un telescopio, lo mejor sería ponerlo en una montaña alta (tal como hacemos actualmente, pero que se empezó a hacer recién a fines del siglo XIX, por razones logísticas). Nada dice sobre los planetas.

Hoy en día conocemos el mecanismo responsable. Lo explicaremos en palabras, y los más inclinados a la matemática pueden revisar los cálculos que mostramos aparte, en la página 7.

Los rayos de luz que vienen de las estrellas viajan casi inalterados por el vacío interestelar durante milenios. Apenas en el último centésimo de segundo de su largo viaje tienen que atravesar la delgada capa de aire que envuelve nuestro planeta. El aire, aunque tenue, refracta la luz como si se tratara de una lente. En la atmósfera hay regiones de distinta temperatura y densidad, que refractan la luz un poco más o menos que otras. Estas “celdas” (que tienen unos pocos centímetros de ancho) se mueven de manera turbulenta e interceptan nuestra línea visual hacia la estrella.

Cuando la refracción aleja el rayo de luz de nuestra pupila la intensidad disminuye. Cuando lo acerca, el brillo aumenta. Nuestro ojo no alcanza a detectar el movimiento de la estrella para un lado y para otro. Pero mirando a través de un telescopio con mucho aumento se puede ver la imagen de la estrella sacudiéndose y muy deformada. Hoy en día existen sistemas electrónicos capaces de compensar en tiempo real estas deformaciones. Por supuesto, hoy también podemos poner el telescopio directamente por encima de la atmósfera, en órbita terrestre.

Los colores iridiscentes son también un efecto de la refracción. Cada color que compone la luz se refracta en un ángulo ligeramente distinto. Entonces, de la misma manera que un vidrio dispersa la luz en colores, la refracción en el aire también separa los colores de la luz es-



Martin Langsam

Muchos observatorios modernos (como el Very Large Telescope, o VLT) tienen sistemas de “óptica adaptativa” (AO) que compensan el titilar de las estrellas. En el VLT usan un láser (que vemos en la foto) para producir un punto de luz muy alto en la atmósfera, por encima de las capas turbulentas. Al observar las deformaciones de este punto, un sistema electrónico calcula en tiempo real, a cada instante, la deformación “contraria” que necesita el espejo del telescopio para compensar el efecto de la turbulencia. Finalmente, un sistema electromecánico actúa sobre el espejo y corrige la imagen, lo que permite alcanzar resoluciones comparables a la de un telescopio espacial.

telar. De manera que vemos no sólo cambios de intensidad sino de color. Cuando la estrella es muy brillante y, en particular, cuando está muy baja en el cielo, el efecto puede ser impresionante. Muchos supuestos avistajes de ovnis de luces multicolores son en realidad de este fenómeno (especialmente visto desde un auto, cuando las estrellas parecen “seguirnos” por falta de paralaje). Bueno, pero la luz de los planetas también viene de más allá de la atmósfera. ¿Por qué los planetas no titilan? La explicación es más sutil. Si bien a simple vista tanto estrellas como planetas se ven como puntitos de luz, el tamaño aparente de los planetas en el cielo es mucho mayor que el de las estrellas. Naturalmente, los planetas son en realidad mucho más pequeños que las estrellas. Simplemente se ven más grandes porque están muchísimo más cerca. Por esta razón, a través de un telescopio, un planeta se ve como un disquito, pero una estrella se sigue viendo como un punto. Ese tamaño extendido de los planetas en el cielo es suficiente para “promediar” la refracción, ya que el movimiento de los rayos es menor que el

tamaño del disco, lo que elimina en su mayor parte el titilar.

Los astrónomos se refieren al titilar como *seeing*, y lo miden en segundos de arco correspondientes al diámetro de la imagen de la estrella. Hay otros factores que afectan el *seeing*, tales como la transparencia del aire, el brillo del cielo, etc. En buena medida, no importa la calidad del telescopio ni la oscuridad del cielo si no podemos observar con buen *seeing*. Es uno de los parámetros cruciales que determinan el lugar donde se instalan los mejores observatorios astronómicos. ■

1 Lleva una música tradicional muy conocida porque Mozart escribió unas famosas variaciones para piano (KV 265), que todo el mundo sabe tocar con un dedo: do do sol sol la la soool... fa fa mi mi re re dooo...

2 *Stella Nova* fue el nombre que el astrónomo danés Tycho Brahe le dio a una supernova que observó en 1572, en la constelación de Casiopea.

Los triángulos del titilar

Podemos hacer un cálculo sencillo, apelando a las propiedades de triángulos semejantes, para mostrar que, aunque los planetas se vean tan pequeños en el cielo (puntuales, a simple vista), su tamaño aparente es suficiente para cancelar el efecto turbulento de la atmósfera.

Los rayos de luz que vienen de la estrella o planeta y que entran por la pupila forman un cono, que se va abriendo muy ligeramente a medida que nos alejamos del ojo. Queremos calcular el ancho del cono en la región más turbulenta de la atmósfera, típicamente a 12 km de altura, donde están las "celdas" de aire que distorsionan la luz y que miden unos 10 cm de ancho. El diagrama representa los rayos de luz que entran por la pupila y forman la imagen de la estrella o planeta (no está a escala, el ángulo es mucho más pequeño).

Los triángulos que nos interesan son los que se ven marcados con colores. Uno tiene su base en la fuente de luz, otro a 12 km de altura, y otro en la pupila (unos 5 mm). Los otros lados coinciden, de manera que coincide el ángulo inferior. Así que son triángulos semejantes y sus partes correspondientes son proporcionales. Esto quiere decir que el cociente entre las bases es igual al cociente entre los lados:

$$\frac{b}{a} = \frac{d+e}{d} \quad \text{ecuación 1}$$

y también:

$$\frac{c}{a} = \frac{d+e+f}{d} \quad \text{ecuación 2}$$

Estas son dos ecuaciones con dos incógnitas, b y d . Aunque d no nos interesa y b sí, tenemos que despejar las dos. Empecemos por la ecuación 2, que tiene una sola de las incógnitas, la d . Primero pasamos d , de abajo a la derecha a arriba a la izquierda:

$$\frac{c}{a}d = d + e + f$$

De aquí es sencillo despejar d :

$$d = \frac{e+f}{c/a-1} = \frac{(e+f)a}{c-a}$$

Antes de poner este valor de d en la ecuación 1 observemos lo siguiente. La distancia astronómica f es mucho mayor que la altura atmosférica e . Así que en la suma $(e+f)$ no perdemos prácticamente nada si dejamos sólo f . Del mismo modo, el tamaño de la estrella o planeta, c , es enorme comparado con el diámetro de la pupila, a . Así que en la resta $(c-a)$ podemos dejar alegremente c . Así hacemos las cuentas los físicos, y queda mucho más fácil:

$$d = \frac{fa}{c}$$

Ahora podemos poner este valor de d en la ecuación 1 (el primer paso distribuye el denominador):

$$\frac{b}{a} = \frac{d+e}{d} = 1 + \frac{e}{d} = 1 + \frac{ec}{fa}$$

Pasando a del denominador del lado izquierdo al numerador del lado derecho y simplificando:

$$b = a + \frac{ec}{f}$$

Éste es el resultado importante. Notemos que el ancho del haz en la alta atmósfera es igual al tamaño de la pupila más algo. Es decir, el haz de luz se ensancha hacia arriba. ¿Cuánto se ensancha? Depende de e , c y f . Veamos el caso de Spica y Saturno, poniendo todo en las mismas unidades.

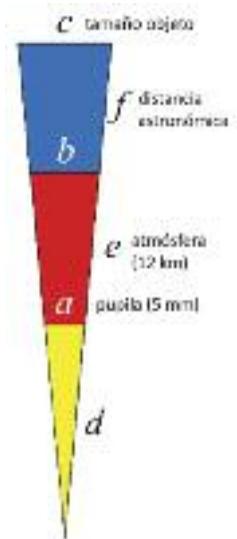
Para Spica: $c = 7$ diámetros solares = $9,7 \times 10^9$ metros, $f = 260$ años luz = $2,46 \times 10^{18}$ metros.

Obtenemos: $b = 5,05$ mm. Esto es apenas más grande que la pupila: como la estrella está tan lejos, el cono de luz se va abriendo muy ligeramente. Ésta es la clave de la explicación.

Para Saturno: $c = 1,14 \times 10^8$ metros, $f = 9$ unidades astronómicas = $1,32 \times 10^{12}$ metros.

Obtenemos: $b = 1$ metro y poco más (abarcando varias celdas de aire).

Es decir, mientras el haz de rayos de Spica es mucho más angosto que una típica celda de turbulencia, el haz de rayos de Saturno es mucho más ancho, así que aunque se sacudan frenéticamente las celdas en su interior casi no afecta la luz total que llega a la pupila y forma la imagen. De todos modos, si el aire es muy turbulento hasta los planetas pueden titilar.



EVENTO MUNDIAL DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Noche Internacional de Observación de la Luna

Por cuarta vez, el Planetario Galileo Galilei participó de la Noche Internacional de Observación de la Luna, uno de los eventos de divulgación astronómica más importantes del mundo, que este año se realizó el sábado 8 de octubre. Se instalaron seis telescopios que apuntaron a la Luna durante más de 3 horas, más una pantalla gigante donde se proyectó en vivo la imagen de nuestro satélite, todo ambientado con música de Los Beatles, Queen y Pink Floyd. Familias enteras tuvieron un verdadero encuentro cercano con la Luna. Asistieron cerca de 2500 personas y, para muchos, fue la primera vez que la vieron por telescopios, por lo que se cumplió con una de las premisas centrales de esta iniciativa: instalar en el público un sentido de asombro y curiosidad por nuestra Luna.

Las observaciones por telescopios fueron acompañadas con explicaciones de nuestros especialistas sobre distintos aspectos de la Luna: formación, geología lunar, cráteres, exploración, movimientos, fases, eclipses, etc. El público mostró un notable interés y se generó un continuo ida y vuelta de preguntas y respuestas.



La Noche Internacional de Observación de la Luna nació en 2010 y fue una idea de grupos de científicos, docentes, astrónomos amateurs, divulgadores y organizaciones sin fines de lucro, originada en Estados Unidos pero con inmediato alcance internacional. La iniciativa cuenta con el respaldo de la NASA, la Sociedad Astronómica del Pacífico,

el Instituto Lunar y Planetario, la misión LRO y la *Night Sky Network*. Su página oficial de Internet es <http://observethemoonnight.org>. Esta edición, que tuvo más de 500 sedes en todo el planeta, ya se ha convertido en un muy grato recuerdo para todos nosotros, y seguramente para todos aquellos que nos acompañaron en esta noche tan especial.

Inauguración del busto de Yuri Gagarin



La directora de nuestro Planetario, Alexia Silva Mascarenhas, y el presidente de la Federación Rusa de Cosmonautas, Vladímir Kovaliónok, inauguraron el busto de Yuri Gagarin, el primer hombre en el espacio, que se encuentra en el Museo de nuestra sede. Kovaliónok fue el comandante de tres misiones Soyuz entre 1977 y 1981, y pasó 216 días en el espacio.

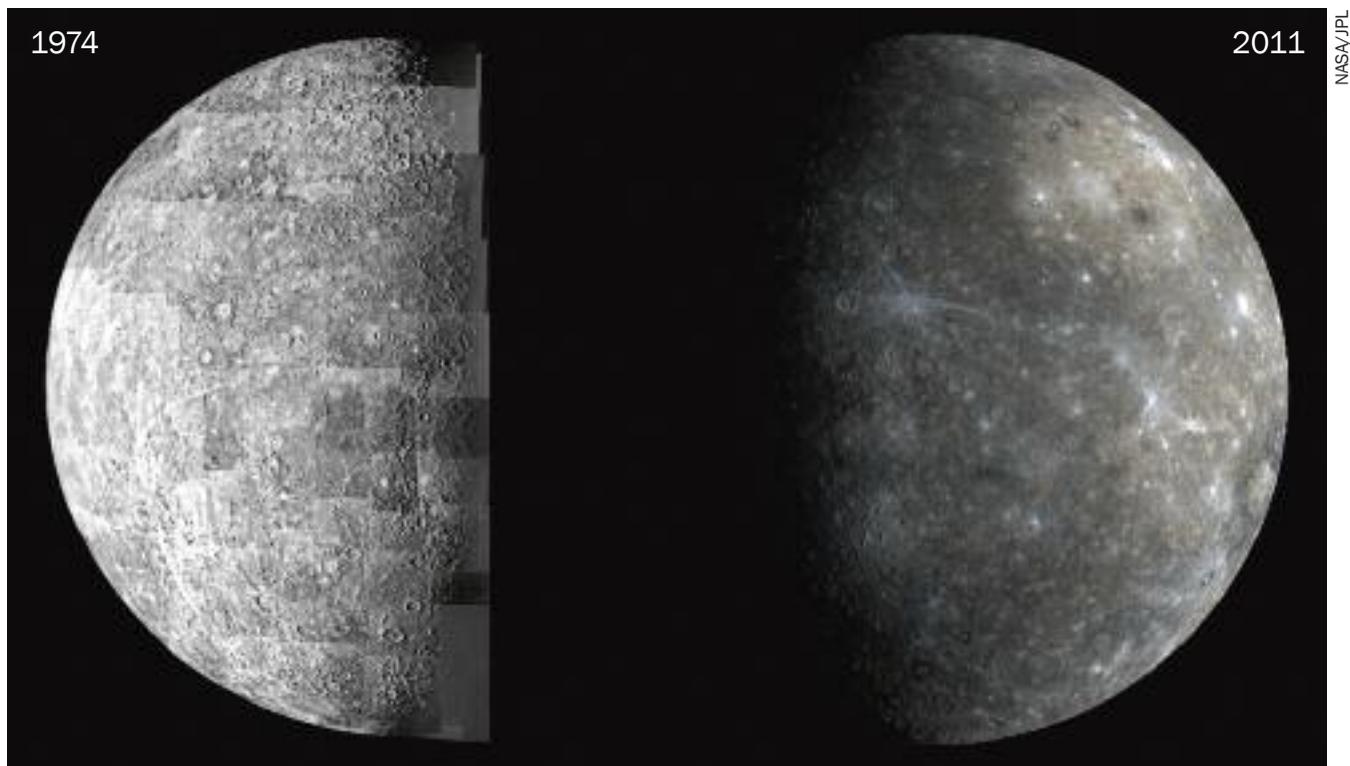


EL LARGO CICLO DEL PLANETA MERCURIO

¿Cuándo se termina el día?

Por Rafael Girola, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

Mercurio es el planeta más cercano al Sol y su año dura unos 88 días terrestres, es decir que ése es el tiempo que demora en dar una vuelta alrededor del Sol. Si tuviésemos la posibilidad de realizar un viaje a Mercurio y comenzáramos a observar el firmamento, nos sorprendería lo lento que se mueven las estrellas y lo largo que es el ciclo día/noche.



Una imagen de Mercurio compuesta por las fotografías tomadas por la sonda de la NASA Mariner 10 en 1974, y otra de la sonda Messenger, de 2011.

MERCURIO ES UN PLANETA DIFÍCIL DE OBSERVAR DESDE LA TIERRA debido a su proximidad al Sol. En ciertas circunstancias se lo puede ver relativamente fácil sobre el horizonte, cuando llega a su máxima separación angular posible con respecto al Sol (llamada máxima elongación), antes del amanecer o después del atardecer.

Ya en la Antigüedad observaron que se desplazaba muy rápidamente en relación a las estrellas. Es así que los romanos le pusieron el nombre de Mercurio, el mensajero de pies alados de los dioses.

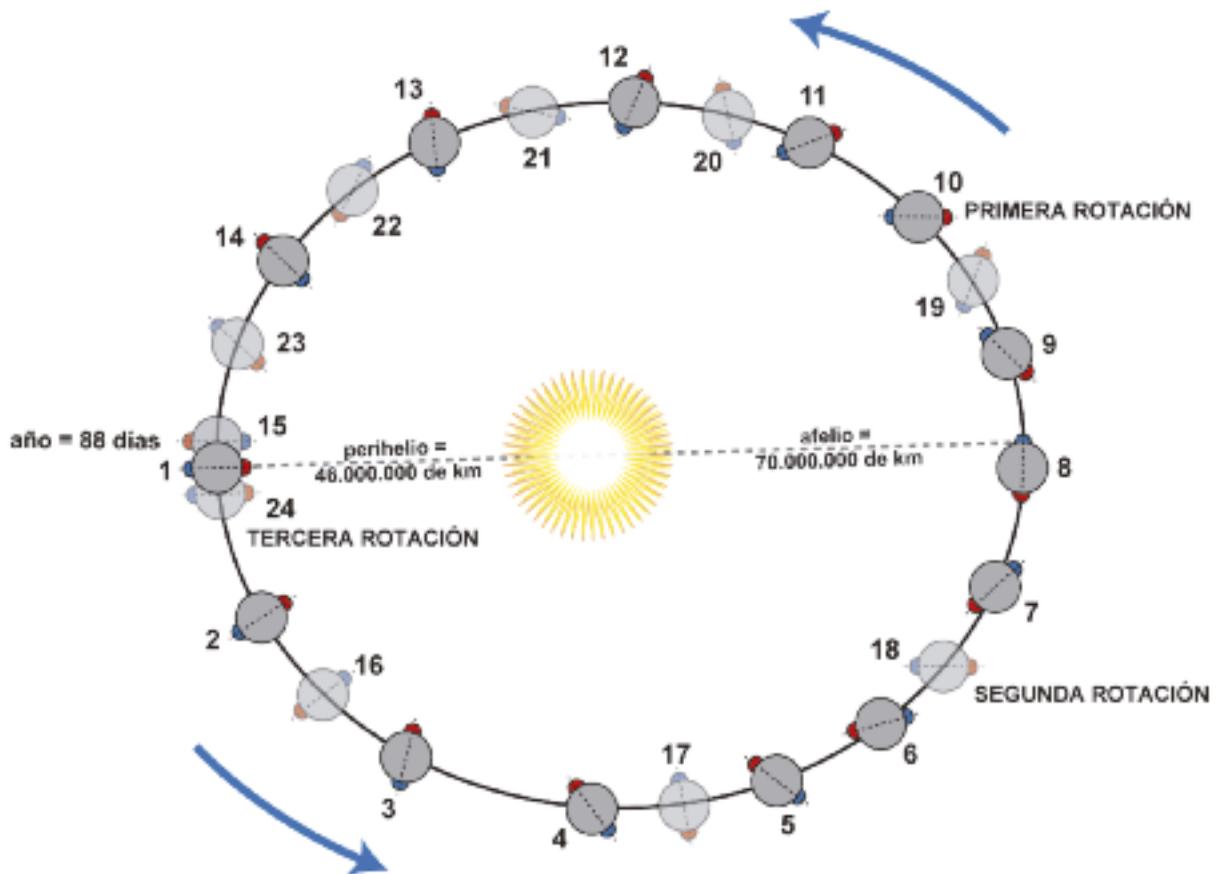
El diámetro de Mercurio es un 40% del de la Tierra; y es más pequeño que Ganimedes, una luna de Júpiter, la más grande del sis-

tema solar. Si un astronauta llegara hasta Mercurio, se encontraría con un planeta árido, con paisajes similares a los de la Luna, plagado de cráteres y con fallas de varios kilómetros de altura y cientos de kilómetros de longitud. Notaría también que el Sol brilla más y que su tamaño es un poco más del doble de como se lo observa desde la Tierra. Además, Mercurio tiene una escasa atmósfera, por lo que la luz no se dispersa como en nuestro planeta. Entonces, el firmamento es negro incluso durante el día, similar al de la Luna. Y posee también un débil campo magnético, gracias a la existencia de un importante núcleo de hierro. Es el lugar del sistema solar con mayor amplitud térmica: la

temperatura máxima en este planeta se aproxima a los 430 grados Celsius, pero de noche desciende a más de 190 grados bajo cero.

Lenta rotación

Una de las cosas más llamativas en el cielo de Mercurio es que las estrellas no se mueven como ocurre en la Tierra, por la rotación de nuestro planeta. El astronauta sobre la superficie de Mercurio deduce que la rotación es mucho más lenta que la de la Tierra, pero además tiene presente que mientras gira sobre su eje, el planeta se está trasladando alrededor del Sol. Logra medir que Mercurio rota sobre su eje en 59 días (te-



Mientras Mercurio cumple su año en 88 días terrestres, su rotación completa un giro en dos tercios de su año. Eso hace que cada dos vueltas alrededor del Sol, complete tres rotaciones.

restres), como lo habían calculado Pettengill y Dyce¹ en 1965. Redescubre la situación y descarta que este hecho se produzca por las mareas solares², como se pensó durante un tiempo. Comprueba que Mercurio rota sobre sí mismo una vez y media por cada órbita que realiza alrededor del Sol, y concluye que su período de rotación está relacionado con su período orbital. Observa que de un amanecer a otro pasan 176 días, y comprueba lo que se midió con radares desde la Tierra, que el día sideral³ es de casi 59 días, es decir, $2/3$ del año de Mercurio (88 días).

Supongamos que Mercurio se encuentra en el perihelio, es decir, en el punto de su órbita más próximo al Sol. El astronauta está sobre el ecuador del planeta al mediodía, orientado directamente hacia el Sol. Entre dos pasajes consecutivos por el perihelio (uno cada 88 días), el astronauta observa que dio una vuelta y media sobre sí mismo; o lo que es lo mismo, entre dos períodos (2 años) el planeta realiza tres vueltas sobre su propio eje. Es un ejemplo de resonancia gravitatoria⁴, de los tantos que

existen en el sistema solar: por estar tan cerca del Sol, el período de rotación de Mercurio es $2/3$ de su período de traslación alrededor del Sol.

Está por amanecer

En el perihelio, Mercurio alcanza la mayor velocidad orbital, explicada por la segunda ley de Kepler⁵. Unos cuatro días antes de alcanzar el perihelio, la velocidad de giro del planeta es la misma que la velocidad de traslación, llamada velocidad de giro orbital.

¿Qué observa el astronauta? Que el Sol se detiene en el firmamento, y luego comienza a realizar un movimiento aparentemente retrógrado. Pasados cuatro días desde el perihelio, el Sol toma nuevamente su “cauce” normal. Este movimiento aparente es el causante de que en algunos lugares de Mercurio se puedan observar amaneceres dobles; es decir, donde el Sol sale, se detiene, se oculta por el mismo lugar por el que salió y vuelve a salir nuevamente por el mismo lugar. Entonces, allí el día solar comienza dos veces. ■

1 Pettengill, de la Universidad de Cornell, EE.UU., y Dyce, de la Universidad de Sídney, Australia, utilizaron el radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico, para estudiar Mercurio en 1965. En 1974 la sonda *Mariner 10* (NASA) realizó la primera visita a Mercurio y mejoró el cálculo en 58,656 días.

2 En 1880, Giovanni Schiaparelli supuso que Mercurio, por su cercanía al Sol, debería estar anclado como está la Luna a la Tierra.

3 Día sideral es el tiempo que transcurre entre el tránsito de una estrella por el meridiano del lugar y el tránsito siguiente.

4 Se da la resonancia gravitatoria cuando las órbitas de dos cuerpos tienen períodos cuya razón es una fracción de números enteros simple, porque se ejercen una influencia gravitatoria regular.

5 La primera ley de Kepler acabó con la idea de que las trayectorias de los planetas eran circulares: los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas, y el Sol se sitúa en uno de los focos. La segunda ley de Kepler habla acerca de la velocidad a la que se desplaza un planeta: la recta que une el planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales. Es decir que la velocidad del planeta aumenta a medida que se acerca al Sol. Esto sugiere la presencia de una fuerza que permite al Sol “atraer” los planetas, tal y como explicaron luego Newton y Einstein.

LA CIENCIA EN LOS SIMPSON

El cometa Kohoutek

Por Claudio H. Sánchez ([facebook.com/CienciaSimpson](https://www.facebook.com/CienciaSimpson)).

En el capítulo de Los Simpson “*El cometa de Bart*”, el profesor Skinner explica que los cometas llevan el nombre de quien los descubre. Cuando Bart le pregunta si él alguna vez descubrió uno, Skinner le contesta que sí, pero que le ganó de mano “*un tal Kohoutek*”.

SKINNER SE REFIERE A LUBOŠ KOHOUTEK, UN ASTRÓNOMO CHECO QUE, A PRINCIPIOS DE 1973, DESCUBRIÓ EL COMETA QUE LLEVA SU NOMBRE. En ese momento, el cometa estaba a unos 650 millones de kilómetros, unas cuatro veces la distancia de la Tierra al Sol. Normalmente, un cometa se hace visible cuando pasa cerca del Sol. Al volatilizarse parte del hielo que lo forma se liberan las partículas sólidas atrapadas en el hielo. Esas partículas brillan bajo la luz solar y forman la cola o cabellera del cometa. Que el Kohoutek haya sido detectado cuando estaba tan lejos sugeriría que tenía un tamaño mucho mayor al normal. Además, cálculos posteriores indicaron que pasaría a sólo veinte millones de kilómetros del Sol, muy poco en términos astronómicos. Este acercamiento lo haría brillar aún más de lo normal, lo que, unido a su tamaño, convertiría al Kohoutek en uno de los cometas más espectaculares de todos los tiempos. Por todo esto, se lo llamó “el cometa del siglo”.

El cometa más famoso

El Kohoutek pudo llevar en su momento el título de cometa del siglo pero, sin duda, el cometa más famoso de la historia fue y es el Halley. La mayoría de los cometas no son visibles a simple vista. Sin embargo, diversas culturas registraron el paso de unos cuantos cometas a lo largo de los siglos. En 1705, Edmund Halley analizó las características de tres cometas descritos en 1531, 1607 y 1682, y concluyó que se trataba del mismo cuerpo celeste, que aparecía cada 75 o 76 años. Predijo entonces que regresaría en 1757. Halley murió en 1742 y no llegó a ver el cumplimiento (aproximado) de



su predicción cuando el cometa regresó, a fines de 1758.

Aplicando hacia atrás el período calculado por Halley, se comprobó que su cometa había sido visto muchas veces antes de 1531, y había impresionado tanto a sus observadores como para registrar el hecho en el arte y la cultura. Por ejemplo, el Tapiz de Bayeux retrata la batalla de Hastings, en la que los normandos al mando de Guillermo el Conquistador derrotaron a los sajones y conquistaron Inglaterra. El tapiz muestra una estrella con cola, clara imagen del cometa Halley aparecido en el cielo en 1066, el mismo año de la batalla.

El artista prerrenacentista Giotto pintó entre 1305 y 1306 la Adoración de los Reyes Magos. Se cree que la imagen de la estrella de Belén sobre el pesebre está inspirada en el cometa Halley, que

Giotto pudo haber observado en su aparición de 1301. Por esto la Agencia Espacial Europea llamó Giotto a la sonda lanzada en 1986 para observar de cerca el cometa.

El escritor Mark Twain nació en 1835, durante la única aparición del Halley en el siglo XIX. En 1909, sabiendo que el cometa regresaría al año siguiente, Twain dijo que esperaba irse con él y que sería la mayor decepción si eso no ocurría. Efectivamente, Mark Twain murió en 1910. El correo de Estados Unidos emitió en 1985 un sello conmemorativo del sesquicentenario del nacimiento de Mark Twain, y citó esta predicción aprovechando el regreso del cometa al año siguiente.

En 1986 (última aparición hasta el momento) le preguntaron a Jorge Luis Borges si recordaba la visita del cometa en 1910. Borges contestó risueñamente

que creía recordar que era parte de los festejos del Centenario.

La decepción Kohoutek

Finalmente, el Kohoutek resultó una decepción. Era más bien rocoso y no de hielo, por lo que no mostraba una cabellera brillante al acercarse al Sol, y

casi no pudo observarse. Se calcula que volverá dentro de unos setenta y cinco mil años.

En cualquier caso, el Kohoutek también tuvo su impacto en la cultura popular de su época, aunque no tanto como el Halley. Además de su mención en Los Simpson, hubo una serie de tiras de

Snoopy relacionadas con la aparición del cometa. Y Artez Westerley lanzó ese mismo año una línea de maquillaje llamada Kohoutek. Un aviso que circulaba a fines de 1973 muestra a una mujer con un peinado futurista y una descripción de los productos de la línea, que incluían lápices labiales en



El Tapiz de Bayeux es un lienzo bordado de 70 metros de largo, de autor anónimo, realizado en el siglo XI, que se encuentra en Normandía, Francia. En la escena XXXII se lee en latín "**Isti mirant stella**" ("estos contemplan la estrella"), por encima de lo que se supone es la representación del cometa que luego llevaría el nombre de Halley, aparecido en 1066.

NASA, Catalina Observatory, Arizona, EE.UU.



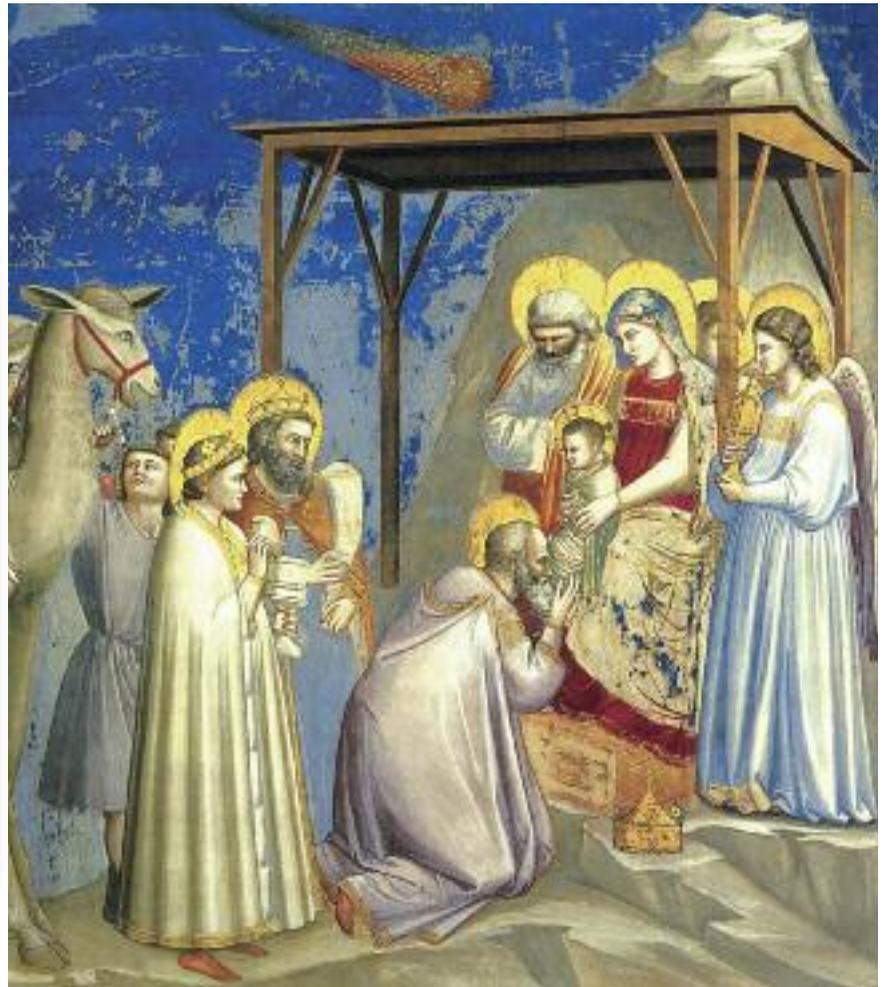
El Cometa C1973 E1 (Kohoutek) fotografiado el 11 de enero de 1974.

El autor. Claudio Horacio Sánchez es Ingeniero industrial (UBA) y profesor titular de Física e Informática en la Universidad de Flores. También es periodista y divulgador científico. Dictó conferencias en la Feria del Libro, la Sociedad Científica Argentina, el Centro Cultural Borges, entre otras instituciones, y el Café Científico del Planetario Galileo Galilei en junio de 2016. Fue colaborador en el suplemento *Futuro* del diario *Página/12*. Recibió el Premio UBA 2011 a la divulgación científica, el Premio ADEPA 2013 de periodismo científico y el Premio UFLO 2014 a la iniciativa. Es autor de los libros *Todo lo que sé de ciencia lo aprendí mirando Los Simpson Volumen 1 y 2*.

extraordinarios tonos del futuro, sombras compactas de profundidad espacial y cosméticos para pestañas en siderales tonos de moda. ■



El cometa Kohoutek en la cultura: un aviso de una línea de maquillaje de Artez Westerley.



La Adoración de los Reyes es uno de los tantos murales del florentino Giotto de Bondone que adornan el interior de la Capilla de la Arena, en el norte de Italia, desde hace 700 años. Probablemente, el artista representó la supuesta estrella de Belén con el cometa Halley, que había hecho una de sus periódicas apariciones en 1301. El “camello” con orejas de burro y ojos azules puede indicar que Giotto nunca había visto uno.

CURIOSIDADES DE LA ASTRONOMÍA

Mundos que nunca fueron

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



NASA/JPL - Caltech

Hay un capítulo de la historia de la astronomía no del todo conocido; una zona fronteriza entre la realidad y la fantasía, poblada por hipotéticos mundos que alguna vez fueron considerados reales. Pero que no existen, ni nunca existieron. Sólo fueron errores de observación, interpretación o, simplemente, meras especulaciones y, por qué no, divertidas ficciones.

NO EXISTEN, Y SIN EMBARGO, TIENEN SU LUGAR EN LA HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA. Mundos que fueron buscados, teorizados, confundidos con otras cosas o, simplemente, soñados. Hipotéticos planetas y satélites de nuestro sistema solar que durante décadas mantuvieron en vilo las mentes y los telescopios de algunos de los astrónomos más grandes de todos los tiempos. Alimentaron la llama de fantasías que han sobrevivido hasta nuestros días, recicladas por mitos extraterrestres, tan espectaculares como ingenuos. Viajemos en el tiempo para conocer las curiosas historias de los mundos que nunca existieron.

Vulcano: de Leverrier a Einstein

Poco antes de descubrir matemáticamente la presencia de Neptuno (en 1846), a partir de las anomalías observadas en el movimiento orbital de Urano,

el gran astrónomo francés Urbain Jean Joseph Leverrier (1811-1877) también notó rarezas orbitales en otro planeta mucho más cercano a la Tierra: Mercurio. Habiendo considerado los efectos gravitatorios de los demás planetas (y del Sol, por supuesto), Leverrier observó que durante su perihelio (el punto más cercano al Sol), Mercurio se movía ligeramente más rápido de lo que “debía”. Entonces, le echó la culpa a un hipotético planeta aún más cercano al Sol y, por lo tanto, muy caliente. Justamente por eso, Leverrier lo bautizó Vulcano, como el dios romano del fuego. Vulcano sería, quizás, quien aceleraba un poquito a su vecino Mercurio.

Leverrier se tomó las cosas con calma, y recién cuando estuvo lo suficientemente convencido, a fines de la década de 1850, presentó su trabajo a la Academia de Ciencias de París. Inmediatamente después se

desató la “vulcanomanía”: astrónomos profesionales y amateurs de toda Europa se lanzaron a la cacería del supuesto planeta. Todos sabían que la búsqueda iba a ser muy complicada, porque Vulcano siempre aparecería muy cerca del Sol en el cielo. En diciembre de 1859, Leverrier recibió la carta de un médico aficionado a la astronomía, que le contaba que en marzo de ese año había visto un “objeto negro y redondo” que se movía lentamente por delante del Sol. Entusiasmado, Leverrier fue a visitar al doctor Lescabault a su casa, en la villa de Orgeres. Con los datos que le aportó, calculó que Vulcano era varias veces más chico que Mercurio (planeta que mide casi 5000 km de diámetro), y que tardaba sólo 19 días en dar una vuelta al Sol. Al volver a París, Leverrier se ocupó personalmente de que el doctor Lescabault fuese oficialmente pre-



El astrónomo francés Leverrier fue quien bautizó como Vulcano al supuesto planeta entre el Sol y Mercurio.

miado con la Legión de Honor.

Poco más tarde, hubo otros reportes positivos, como el de un anónimo aficionado inglés, que aseguró ver a Vulcano desfilar por delante del Sol durante una mañana de marzo de 1862. Trece años más tarde, en abril de 1875, el alemán Weber, un reconocido astrónomo de aquellos tiempos, también vio “*un punto negro que avanzaba sobre el disco solar*”. Sin embargo, muchos otros observadores jamás vieron la supuesta criatura de Leverrier, incluyendo al brasileño Liais, que lo buscó una y otra vez con un telescopio nada despreciable.

Lo cierto es que hacia fines del siglo XIX, Vulcano comenzó a esfumarse del tablero astronómico, y durante el amanecer del siglo XX, ante la larga ausencia de registros confiables, ya nadie hablaba en serio del planeta infernal.

¿Y las observaciones positivas? Unas pocas fueron simples fraudes; torpes patrañas pergeñadas por buscadores de repentina fama científica (algo que aún hoy sigue ocurriendo). Pero la mayoría fueron simples confusiones, sin mala fe, alimentadas por las ganas de que Vulcano realmente existiera: manchas solares, defectos ópticos y hasta simples aves —muy distantes del observador— que se interpusieron entre los te-

lescopios y el Sol (cosa que pasa regularmente).

¿Caso cerrado? No del todo. Aún nos queda el misterio orbital de Mercurio, el enigma que disparó el sueño de Vulcano. Y bien, esta historia que comenzó con Leverrier, terminó con Albert Einstein. En pocas palabras, la Teoría General de la Relatividad (1916) nos cuenta que las anomalías observadas en el perihelio de Mercurio pueden explicarse por la marcada curvatura del espacio-tiempo (esa curvatura es la gravedad relativista) debido a su cercanía al Sol. Ahora sí... ¿asunto cerrado? Tampoco: seguramente el nombre Vulcano les suene de algún otro lado. Sí, es el nombre —sólo el nombre— del planeta originario del orejudo Sr. Spock, de la maravillosa serie *Viaje a las Estrellas*.

Neith, la luna de Venus

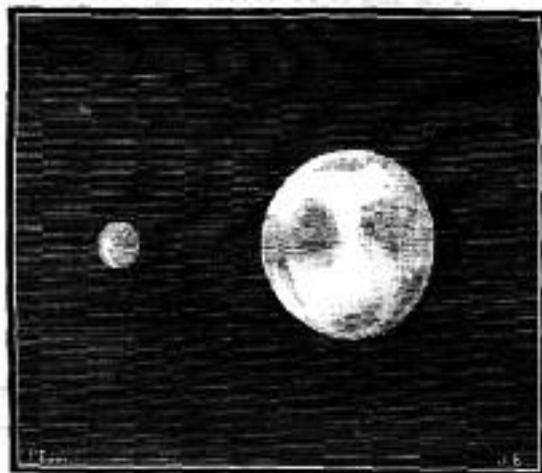
Mercurio y Venus son los únicos planetas del sistema solar que no tienen lunas. Y sin embargo, hace más de tres siglos, otro prócer de la astronomía creyó ver la compañera del famoso lucero. En 1672, Giovanni Domenico Cassini (quien, entre otras cosas, midió por primera vez la rotación de Marte y descubrió varias lunas de Saturno) vio una pequeña lucecita casi pegada al disco de Venus. Al parecer, no dijo nada, hasta que la volvió a ver en 1686. Según Cassini, la luna venusina medía la cuarta parte del planeta y mostraba la misma fase de iluminación (para un observador terrestre, Venus y Mercurio tienen fases, al igual que la Luna).

El anuncio del supuesto satélite venusino causó cierto revuelo. Al fin de cuentas, Cassini era un astrónomo muy respetado. Sin embargo, no hubo más reportes similares hasta varias décadas más tarde: recién a mediados del siglo XVIII, astrónomos como James Short, Andreas Mayer y el famoso Joseph L. Lagrange creyeron ver la su-

puesta luna. Y el 6 de junio de 1761, el alemán Scheuten aseguró ver un puntito negro que acompañaba la silueta oscura —y mucho más grande— de Venus, durante un tránsito del planeta por delante del Sol. Sin embargo, ese mismo día, en Inglaterra, el astrónomo aficionado Samuel Dun no vio ningún puntito junto a Venus.

Tal como ocurrió con Vulcano, hubo versiones de todos los colores. Pero la historia de la luna de Venus empezó a desinflarse hacia 1766, cuando el Observatorio de Viena, Austria, publicó un tratado donde se decía que el supuesto satélite no era más que un simple reflejo (entre el ocular del telescopio y el ojo del observador) provocado por el intenso brillo del planeta. Unos años más tarde, el propio William Herschel —descubridor de Urano— se ocupó del tema. Y tampoco vio nada junto a Venus. Todo hubiera terminado allí si no fuera porque un siglo más tarde, en 1884, Jean-Charles Houzeau, director del Observatorio Real de Bruselas, Bélgica, propuso que todo tenía sentido si, en realidad, el misterioso objeto fuese un planeta con una órbita un poco más grande que la de Venus; y que, de tanto en tanto, visualmente parecía estar a su lado. Houzeau dio un paso más allá, y lo bautizó Neith, el nombre de la diosa egipcia cuyo velo ningún mortal podía levantar.

El caso fue definitivamente cerrado en 1887, cuando la Academia de Ciencias de Bélgica recopiló todos los datos y observaciones previas, y concluyó que Neith no existía, ni como satélite, ni como planeta independiente, ni como nada. Sólo se trataba de reflejos o de distintas estrellas “de



Dibujo del supuesto satélite de Venus, de 1882.



Un reflejo que se produce entre las lentes del telescopio, una cámara y el ojo humano, puede dar la falsa visión de un objeto astronómico. En este caso, el reflejo adquiere la misma forma que el planeta Venus.

fondo” que, eventualmente, coincidieron visualmente con Venus. Y así, el lucero se quedó sin su luna.

Clarión: el gemelo de la Tierra

La historia de Clarión es más mítica que astronómica, y según parece, el primero que imaginó su existencia fue Filolao, un destacado miembro de la escuela pitagórica. Mezclada, reciclada y enriquecida una y otra vez a lo largo de los siglos, la versión moderna del mito de Clarión (avalada aún hoy en día por parte del mundo esotérico y pseudocientífico) resulta por demás curiosa y divertida. Pero



El italiano Giovanni Cassini fue el primero que creyó ver una luna alrededor de Venus.

también, muy ingenua. Sintéticamente, se trataría de un planeta que comparte la órbita terrestre, pero que está ubicado en un punto diametralmente opuesto; o sea, del otro lado del Sol. Por lo tanto, nunca sería visible desde nuestro planeta.

El punto es que ese modelo de perfecta oposición Tierra-Clarión –rebuscado, por cierto– sólo podría funcionar (y hasta por ahí nomás) si no existieran otros planetas. Pero como sí existen, y son unos cuantos, tarde o temprano el juego gravitatorio del conjunto sacaría a Clarión de su perfecta oposición con la Tierra, del otro lado del Sol. Cálculos realizados por el Observatorio Naval de los Estados Unidos demostraron, con absoluta contundencia, que Clarión no podría permanecer “escondido” de nuestra visual por más de 30 años. Por lo tanto, deberíamos haberlo visto hace rato. Y eso sin contar la flota de naves espaciales que se vienen paseando por el sistema solar desde hace medio siglo.

Aún así, contra toda evidencia y toda razón, hay quienes siguen insistiendo obcecadamente con la existencia del llamado “gemelo de la Tierra”. Es más,

hasta deliran con sus habitantes. Pero eso merece un párrafo aparte.

Los “clarionitas”

Clarión es uno de los tantos mundos que integran el rico universo de los mitos y las fantasías extraterrestres. De hecho, algunos “contactados” y “especialistas” dicen –o han dicho alguna vez– que algunos ovnis (en el sentido más popular del término, que no es el correcto) vienen de Clarión. También dicen que allí vive una sabia y antigua civilización, cuasi perfecta, técnica y moralmente; una especie de paraíso planetario.

El ejemplo más clásico y resonante de estas fantasías contemporáneas es el testimonio –por decirlo de algún modo– de un técnico norteamericano, un tal Truman Bethurum, allá por comienzos de los años ’50. En una larga serie de notas publicadas en el diario californiano *Daily Breeze*, Bethurum contó que todo comenzó en julio de 1952, mientras trabajaba en el asfaltado de una autopista en Nevada. Fue entonces cuando, supuestamente, vio un plato volador de 100 metros de diámetro. Luego, cinco de sus tripulantes, de forma humana y pequeña estatura, se le acercaron y lo invitaron a bordo. Para más detalles, hablaban un perfecto inglés y en rima.

Ya dentro de la nave, Bethurum conoció a la capitana: una hermosa clarionita llamada



Heinrich Olbers, tras descubrir dos de los asteroides más grandes, creyó que se trataban de los restos de un planeta destruido.

Aura Rhanes. Ella le dijo que en su planeta todo era idílico: no había guerras, ni robos, ni cárceles. La gente no se divorciaba (!). Ni tampoco pagaban impuestos (!!). Y además, no había abogados (!!!). Por si todo este paraíso no fuese suficiente, Aura también le contó que los clarionitas vivían mil años (sí, estaremos de acuerdo: ¿qué pena que Clarión no existe!).

Años más tarde, Bethurum dijo que volvió a ver a la preciosa Aura Rhanes en un bar, sentada y tomando un jugo de naranja. Pero parece que ella lo ignoró. Después de 1958, el famoso “contactado” nunca más vio a los clarionitas.

Faetón: “el planeta destruido”

Hay un mundo que nunca fue, pero que tiene mucho que ver con una multitud de otros que sí fueron, y son: los asteroides. En 1801, el monje italiano Giuseppe Piazzi descubrió Ceres, el primer asteroide (actualmente considerado planeta enano) entre las órbitas de Marte y Júpiter. Al año siguiente, el médico y astrónomo aficionado Heinrich Olbers (conocido por una famosa paradoja astronómica) dio con otro objeto en esa misma región: Pallas. En 1804, apareció Juno; y en 1807, nuevamente Olbers descubrió Vesta. Todos orbitan el Sol entre el cuarto y el quinto planeta, y todos lucen como simples puntos de luz al telescopio (a diferencia de los planetas, que muestran discos), lo que llevó —correctamente— a pensar que eran

cosas de apenas unos cientos de kilómetros. Allí donde Kepler y muchos otros esperaban encontrar un verdadero planeta, sólo había cuatro pequeños cuerpos en órbita alrededor del Sol, entre Marte y Júpiter.

Ante semejante panorama, Olbers lanzó su espectacular y catastrófica hipótesis: los asteroides eran los restos de un planeta que había estallado y que habían quedado en torno al Sol siguiendo, aproximadamente, el derrotero de su “padre” destruido. Más tarde, el hipotético mundo hecho pedazos recibió el nombre de Faetón, el hijo de Helios, el dios del Sol griego. La historia de Faetón tuvo décadas de aceptación, incluso pareció fortalecerse a fines del siglo XIX, cuando los asteroides conocidos entre Marte y Júpiter ya eran más de cien. Se hablaba de un verdadero cinturón de asteroides.

Los asteroides y un mundo que no pudo ser

Sin embargo, la hipótesis de Faetón no tardó mucho en perder fuerza, a manos de una serie de argumentos muy fuertes. Para empezar, no parecía nada fácil destruir un planeta entero: ¿cómo? ¿por qué? Además,



El “contactado” por los clarionitas, Truman Bethurum, uno de los tantos delirantes que consiguió sus 15 minutos de fama.

las órbitas de todos ellos de ningún modo parecen responder a un proceso explosivo. Más aún, los meteoritos que llegan a la Tierra —que son una suerte de “astillas” de asteroides— no muestran claros signos de calentamiento y presión extremos, de diferenciación¹ o de metamorfismo (fenómenos que sí se dan en los materiales en el interior de un planeta).

A la luz de todo lo anterior, parece que el escenario es exactamente el inverso: el cinturón de asteroides está formado por materiales primigenios que nunca llegaron a aglutinarse en un cuerpo único. ¿Por qué? Fundamentalmente, por “culpa” de Júpiter, que con sus continuos tirones gravitatorios (hacia un lado, hacia el otro, acelerando y frenando esos oscuros cascos a medida que orbita el Sol), impidió su unificación. Faetón nunca existió, ni nunca se destruyó, simplemente, porque ni siquiera tuvo oportunidad de formarse.

A pesar de todo, Olbers descubrió mundos reales: en marzo de 1815 halló un cometa, el 13P/Olbers. Incluso, hay un asteroide que lleva su nombre, o casi: (1002) Olbersia. Claro, al igual que Clarión, también hay quienes juran y perjuran que Faetón estuvo habitado, y que sus sobrevivientes, luego de la destrucción de su planeta por un terrible cataclismo atómico, se la pasan viajando por el espacio interplanetario. Y de tanto en tanto nos visitan, para pedirnos que no hagamos lo mismo. No sea cosa que, algún nefasto día, la Tierra pase a integrar la lista de los mundos que *sí fueron*, pero que ya *no son*. ■



El señor Spock, proveniente de Vulcano en la serie Viaje a las Estrellas.

¹ Diferenciación es un proceso mediante el cual un mundo como, por ejemplo, la Tierra, está dividido internamente en diferentes capas, como corteza, manto y núcleo.

PLANETAS, SU OBSERVACIÓN A TRAVÉS DE LA HISTORIA

No alcanza con salvar las apariencias

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



Carlos Di Nallo

Hay cinco planetas que se observan fácilmente a simple vista desde cualquier lugar del mundo: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Sólo hay que saber por dónde y cuándo buscarlos en el cielo. Se ven muy bien incluso desde las grandes ciudades, iluminadas y contaminadas. Nadie los descubrió porque no hacen falta telescopios para verlos, y nuestros antepasados los observaron desde hace más de cien mil años, cuando empezaron a mirar el cielo con cierto interés. Involuntariamente, los planetas otorgaron las primeras pistas para comenzar a entender un universo que, durante siglos, fue considerado pequeño y centrado en la Tierra y en el ser humano. Como dijo Galileo, el libro de la naturaleza está abierto, y para entenderla hay que aprender a interpretarla.

QUIENES OBSERVABAN CON DETENIMIENTO EL CIELO EN LA ANTIGÜEDAD NOTABAN QUE HABÍA SIETE ASTROS QUE REALIZABAN MOVIMIENTOS DIFERENTES A LOS DE LAS ESTRELLAS: el Sol, la Luna y los cinco planetas conocidos antes de la invención del telescopio, los que se observan a simple

vista. En algunas culturas occidentales se le dedicó a cada uno un día, y es por eso que nuestra semana tiene siete días. Esos movimientos diferentes les hicieron ganar el nombre de astros errantes o vagabundos. Eso es lo que significa la palabra planeta. Todos los planetas presentan brillo y color

diferentes en el cielo, pero a grandes rasgos y desde el punto de vista observacional, se parecen a las estrellas, aunque no titilan (ver artículo de la página 5). Pero con el tiempo, los planetas van cambiando de posición con respecto al fondo “fijo” de las estrellas.



Una constelación no tiene mayor entidad que una figura que imaginamos con una nube, o con las manchas de humedad del baño. Se puede armar y mantener en el tiempo porque las distancias a las estrellas son enormes y no notamos sus movimientos propios como para que la figura se desarme.

En líneas generales, todo el cielo –las estrellas, los planetas, el Sol y la Luna– parece girar de E a O producto de la rotación terrestre. Mientras, cada estrella mantiene su posición relativa, una respecto de las otras. Así es que se pueden armar las figuras imaginarias que llamamos constelaciones, sin que se desarmen por los movimientos propios de las estrellas. Las estrellas están demasiado lejos como para notar sus propios movimientos, y tienen que pasar muchos miles de años para ver que una constelación pierde su “figura”.

Una constelación no tiene mayor entidad que una figura que imaginamos con una nube, o con las manchas de humedad del baño; no existe como tal, y cada uno puede imaginar cualquier cosa, sin necesidad de que se le aparezcan héroes o animales mitológicos, ni elementos de la navegación o inventos del renacimiento, como en las 88 constelaciones oficiales. Las constelaciones son un “truco” inventado para que resulte más fácil reconocer ciertos sectores del cielo, en diferentes épocas del año o en di-

ferentes momentos de la noche, con la intención de orientarse y controlar el paso del tiempo.

Pero esos otros siete astros no responden a los movimientos generales, sino que van como sueltos con respecto a las estrellas. De todos modos, sus movimientos son predecibles, y sus posiciones también responden a ciertos patrones.

Por la eclíptica

Si queremos encontrar planetas en el cielo, los tenemos que buscar por la eclíptica, es decir, por el mismo camino aparente anual del Sol en el cielo, entre el E y el O, recostados hacia el norte, si los observamos desde el hemisferio sur, y entre las 13 constelaciones zodiacales.

Es un recorrido similar al que hacen la Luna a lo largo del mes, y el Sol a lo largo del año; aunque en el caso de los planetas, cada uno lo hace en períodos de tiempo diferentes, porque cada uno gira alrededor del Sol a velocidades diferentes.

La Luna se mueve cerca de la eclíptica por-

que su plano orbital alrededor de la Tierra está apenas inclinado unos $5,9^\circ$. Con los planetas ocurre algo parecido. Los planos orbitales de todos ellos están levemente inclinados entre sí y con respecto al plano de la Tierra alrededor del Sol. Esto es porque el material con el que se constituyeron, restos de gas y polvo que quedaron luego de la formación del Sol, tomó una estructura de disco plano en torno al Sol. Por la misma razón, todos giran en el mismo sentido y sus velocidades se van haciendo más lentas a medida que más lejos se encuentran de la estrella central. Además, todas las órbitas están levemente descentradas unas respecto de las otras. Nada es perfecto. Así, todos los planetas se mueven por la eclíptica, o casi. El que más se separa es Mercurio, y como máximo lo podemos ver unos 7° alejado del camino del Sol. Esto es fácil de notar si miramos el sistema solar desde afuera y de perfil. Comúnmente, dibujamos el sistema solar de frente, como si lo miráramos desde arriba o desde abajo. Allí se pueden dibujar fácilmente las órbi-

tas de los planetas. Pero si lo hacemos de perfil, notaremos que todas las órbitas están en planos similares, y ésa es la razón por la que se mueven siempre cerca de la eclíptica y por las constelaciones zodiacales.

Vaya timo*

En la Antigüedad se les daba muchísima importancia a los planetas. En diversas culturas se les asignaban nombres de dioses importantes, y los que más trascendieron son los que les otorgaron los romanos. Los nombres con los que conocemos a los planetas eran dioses romanos.

Tal como ocurría con el Sol y la Luna, se pensaba que los planetas estaban colgados de esferas cristalinas que los sostenían, y que giraban alrededor de la Tierra. Los astrónomos estuvieron siglos intentando explicar sus movimientos errantes y, muchas veces, embarzosos.

Partiendo de algunas casualidades, como por ejemplo, la muerte de algún monarca que coincidió con una oposición de Sa-

turno; o una guerra que se inició cuando Marte brillaba más; el nacimiento de algún personaje importante durante una conjunción entre Venus y Júpiter; o la posición de algún astro errante entre determinado grupo de estrellas que coincidió con algún hecho histórico, se generó la falsa creencia de que los planetas fueron colocados por los dioses para guiarnos, favorecernos o perjudicarnos. Entonces, los planetas pasaron a tomar una importancia muy superior a la de las estrellas, que simplemente parecían estar allí como adornos. Hubo que esperar hasta mediados del siglo XIX para comprender qué son las estrellas y a qué distancia se encuentran.

Se empezó a suponer que si se podía predecir la posición de los planetas, se podría llegar a conocer o controlar el destino. Los reyes y emperadores se vieron tentados a otorgar crédito a quienes pudieran realizar esas predicciones, y los astrónomos pasaron a trabajar como astrólogos para ganarse los favores de los poderosos. Nunca un acontecimiento real fue predicho a través de los astros; sólo se hacían especulaciones y se buscaban justificaciones una vez que los hechos ya habían acontecido.

Pero la idea apoyada por las casualidades era altamente tentadora. Hasta Galileo intentó incursionar en ese tipo de adivinación cuando Cristina de Médici lo consultó acerca de la salud de su marido, el gran duque Ferdi-

nando, en 1609. Galileo, supuestamente tras consultar los astros, le pronosticó una larga y próspera vida. El duque murió tres semanas después.

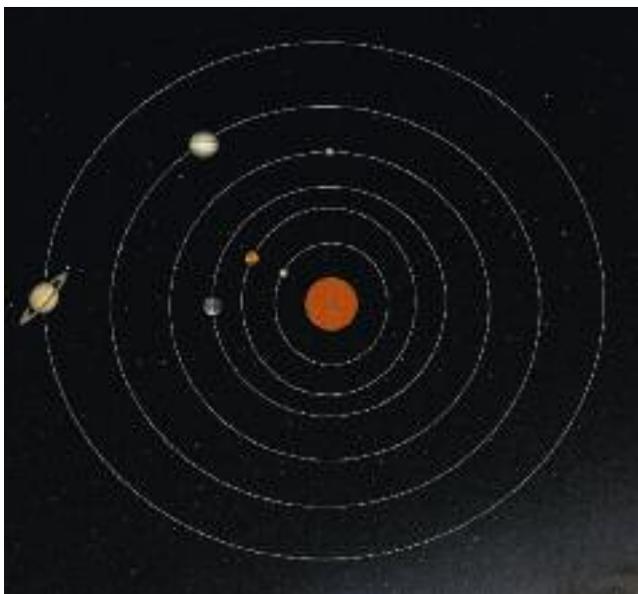
Miente, miente, que algo queda...

En algún momento, alguien con espíritu más lucrativo que científico se dio cuenta de que había una cantidad de características humanas comunes a la mayoría de la gente. Si se maneja un lenguaje ágil y se le agregan términos estridentes (energías, vibraciones, conciencia, portal), con aparente tono científico pero que poca gente conoce realmente su significado; más datos insulsos, vagos y generales con los que cualquiera se identifica, un discurso vacío puede crear la ilusión de un contenido científico donde no hay contenido de ninguna clase.

Nuestra mente es capaz de inventarse historias e imaginar cosas que resultan inverosímiles cuando se les aplica la lógica y la investigación científica, porque es susceptible de ser engañada fácilmente por casualidades y coincidencias. Nuestro cerebro no asimila bien el azar, y frente a una coincidencia que parece asombrosa, se activa el pensamiento supersticioso. Es más fácil creer que saber. Las pseudociencias como la astrología se aprovechan de esas viejas creencias y casualidades, e intenta hacer creer que cada planeta exuda su propia energía, que afecta la vida humana y tiene afinidad con alguna emoción humana. Por ejemplo, amor en el caso de Venus, agresión para Marte.

Esas supuestas cualidades planetarias se basan en el carácter de los dioses romanos de los que los planetas toman su nombre. Pero cada planeta significó algo diferente para cada cultura, así como cada pueblo inventó sus propias constelaciones.

No existe ningún mecanismo físico, astronómico, químico o lumínico para que los planetas, a las distancias que se encuentran, nos influyan en algo. Si alguien lo descubriera, le valdría un premio Nobel, como



El sistema solar visto desde arriba (o desde abajo, es lo mismo), en una configuración tradicional; y visto de perfil, donde se nota que los planos orbitales de los planetas están poco inclinados unos respecto de los otros.

mínimo, y debería ser millonario gracias a los aciertos de sus predicciones. Eran creencias entendibles hace más de 400 años, cuando se seguían sin discusión los dogmas tradicionales basados en la autoridad, que establecían que el ser humano estaba en el centro del universo; y no cualquier ser humano, sino el macho, blanco, europeo, adorador de mitos.

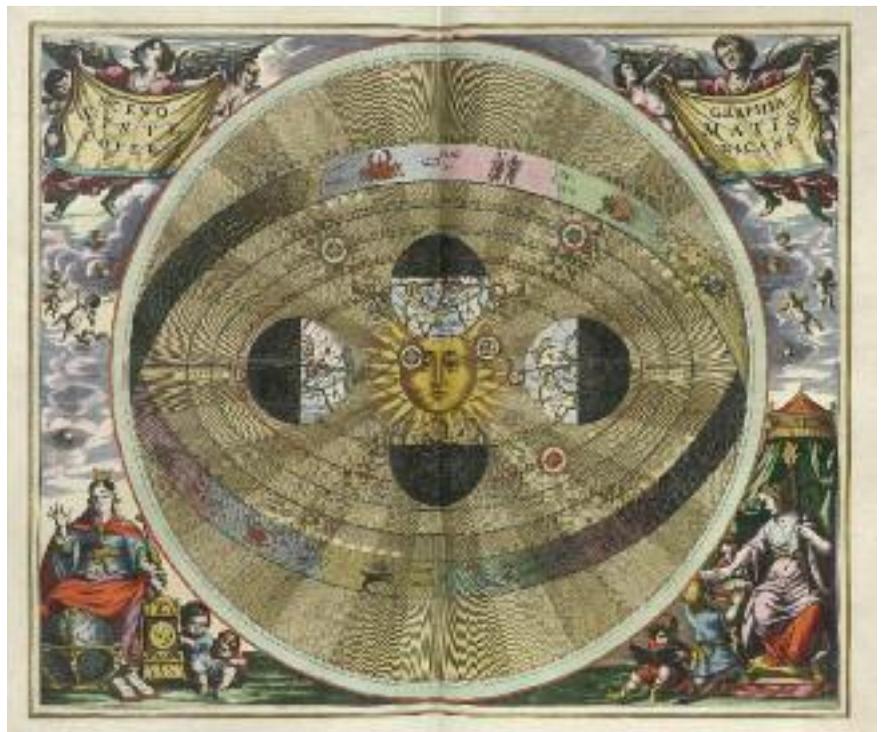
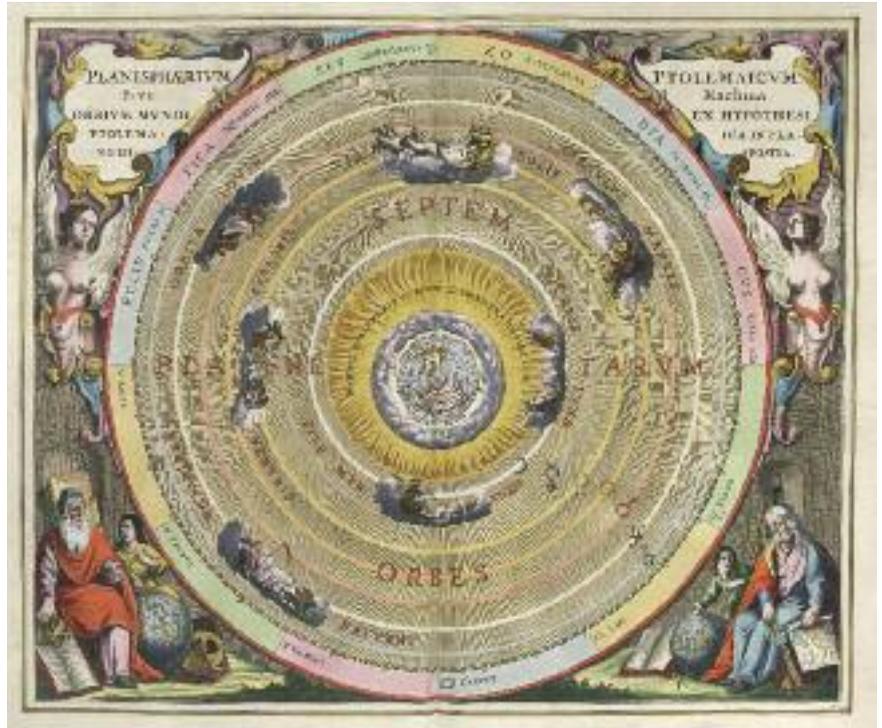
La astrología se basa en el conocimiento que había hace tres mil años. Hoy estamos mejor informados. Seguir insistiendo con eso en el siglo XXI es una estafa y una subestimación de la naturaleza. La naturaleza es mucho más apasionante cuando intentamos encontrar explicaciones naturales a sus fenómenos, y no cuando fingimos tener las respuestas a todo aplicando el engaño y la mentira.

De Ptolomeo a Galileo

Hasta hace 400 años, antes de la implementación del telescopio por parte de Galileo, pocos astrónomos se preocupaban por investigar los movimientos de los planetas más que para continuar con aquellas viejas supersticiones, e intentar predecir sus posiciones para tratar de “ver” el futuro.

Además, se daban por absolutamente ciertos los conceptos aristotélicos (siglo III a.C.) acerca de la naturaleza, introducidos por el teólogo italiano Tomás de Aquino en la doctrina cristiana en el siglo XIII. El lastre aristotélico representa el período de oscuridad intelectual en el que se sumergió la cultura occidental en toda la Edad Media, durante el cual la actividad científica se limitó a reproducir lo que decían los libros antiguos, sin que los filósofos se preocuparan por confirmar sus ideas a través de la observación y la experiencia. Había un conjunto de reglas que intentaba describir lo que se veía en la naturaleza, pero los filósofos medievales prefirieron las abstracciones del pensamiento por sobre la experimentación, y volvieron su mente a la vida espiritual que proponían las religiones dominantes. Propusieron llevar una existencia oprimida por el temor e ilusionados por la promesa de una vida eterna.

Aristóteles había inaugurado la llamada filosofía natural (lo que sería algo así como una antigua ciencia), y sus ideas fueron las dominantes durante casi dos mil años. Curiosamente, estaba equivocado en casi todos sus conceptos acerca de la naturaleza,



Representaciones de los sistemas geocéntrico y heliocéntrico, de la obra Harmonia Macrocosmica, del cartógrafo alemán Andreas Cellarius, de 1660.

y otros filósofos con ideas superiores fueron ignorados y olvidados. Sus ideas sobre física y astronomía fueron las más erradas, y sin embargo, las que más impacto tuvieron en la historia, a tal punto que fueron enalzadas como la máxima autoridad “científica” hasta la época de Galileo, veinte

siglos después de ser escritas.

Aristóteles fue el “inventor” de los famosos cuatro elementos con los que, suponía, estaba formado todo el mundo material: tierra, agua, aire y fuego, como si no existiera nada más a nuestro alrededor. Y dejó un quinto elemento, el éter, para todo lo que



Estatua de Johannes Kepler y Tycho Brahe, en Praga.

se encontraba más alto que la atmósfera. Cualquier idea acerca de la naturaleza, si Aristóteles no la había mencionado, simplemente no existía para los conservadores de la perfección del universo. Además fue el puntapié inicial para el modelo geocéntrico de Ptolomeo. A partir de Galileo, los científicos dejaron de confiar en los textos antiguos y comenzaron a buscar las respuestas en la propia naturaleza. Así, durante 1500 años, se pensó que los planetas estaban apoyados en esferas pequeñas, llamadas epiciclos, que a su vez, se apoyaban en órbitas más grandes, llamadas deferentes, alrededor de la Tierra. Todo giraba en órbitas perfectamente circulares. Ése es el concepto ptolemaico/aristotélico del universo, que perduró hasta la invención del telescopio en 1609, lo que pudo confirmar la teoría heliocéntrica de Copérnico. El modelo ptolemaico salvaba las apariencias: explicaba un extraño movimiento aparente de los planetas en el cielo. La mayoría de las veces, se mueven de O a E; pero en algunas circunstancias, parecen frenarse y, durante unos días, realizar un movimiento opuesto, de E a O. Eso se llama movimiento retrógrado y es una situación aparente debido a los desplazamientos de la Tierra con respecto a los otros planetas.

Dos potencias se saludan:

Kepler y Tycho

Tycho Brahe fue un excéntrico astrónomo danés, el más grande observador del cielo

antes de la invención del telescopio. Trabajó para el emperador Rodolfo II del Sacro Imperio Romano Germánico en Praga, quien lo contrató para que realizara tareas astronómicas, pero también, con fines astrológicos, con la misma fantasía de conocer su futuro a través de los astros. Con instrumentos contruidos por el mismo Tycho, sin aumento pero de muchísima precisión para la época, observó y registró los movimientos de los planetas, especialmente de Marte, durante años. En el año 1600 ocurrió una de las reuniones más importantes de la historia de la ciencia, aunque también, una de las menos conocidas: el “encontronazo” entre Tycho Brahe y Johannes Kepler, el verdadero héroe de esta historia.

Kepler era matemático en Graz (actual Austria), sostenía la teoría heliocéntrica y venía huyendo del acoso religioso por ser protestante. Trabajaron juntos hasta la muerte de Tycho, un año y medio después de que se conocieran, aunque nunca se llevaron bien debido a sus personalidades completamente diferentes.

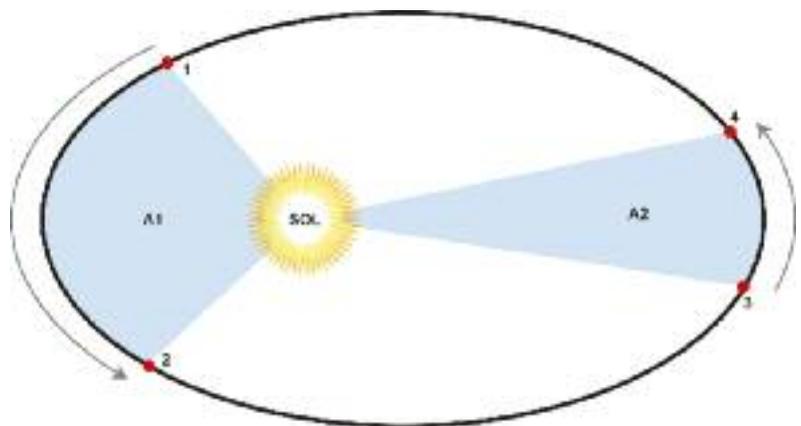
Kepler era un obsesionado de su trabajo (hoy en día sería tildado de “nerd”), arrastraba consigo a su familia numerosa y no le sobraban recursos económicos. Su madre se salvó por muy poco de ser ejecutada por “bruja” por la Inquisición. Intentaba mantener contacto con Galileo a través de numerosas cartas, en las que lo instaba a declararse copernicano. Pero el italiano apenas le respondió dos o tres veces, y nunca se conocieron personalmente.

Tycho mantenía un régimen despótico en su observatorio, que contaba con prostitutas, bufones y animales exóticos. Utilizaba ayudantes como si fueran esclavos y realizaba sus observaciones entre orgías y borracheras. Cuando Tycho murió, Kepler tomó sus observaciones y continuó sus trabajos sobre Marte.

Nunca antes se habían realizado seguimientos tan precisos y constantes de los movimientos y posiciones de un planeta. Kepler no dejaba escapar detalles. En su juventud también había creído en las órbitas perfectas y circulares, pero a diferencia de los demás, se volcaba por el heliocentrismo. Había descubierto una relación llamativa entre las distancias de los planetas, y creyó encontrar una armonía divina en sus movimientos.

Las observaciones de Tycho no concordaban con eso, y a pesar de sus creencias religiosas, Kepler fue fiel a su instinto científico: buscó más pruebas, consiguió más observaciones y siguió estudiando Marte. Finalmente, después de veinte años de cálculos y observaciones, dio con los resultados que modificaron los conceptos antiguos y abrieron la puerta a la ciencia moderna. Descubrió la verdadera naturaleza de las órbitas planetarias, rompió para siempre las esferas perfectas y los epiciclos, y dejó el camino llano para que Galileo y Newton reinventaran una nueva física.

Lo que Kepler descubrió fue que los planetas se mueven en órbitas elípticas y no circulares; que el Sol no se encuentra exactamente en el centro, sino levemente des-



Según las leyes de Kepler, en una órbita elíptica y con el Sol desplazado a un foco (aunque en el esquema esté exagerado), un planeta que viaja más velozmente cuando está más cerca del Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales a cuando está más alejado y se mueve más lentamente. Entonces, el tiempo que le demanda al planeta ir de la posición 1 a la 2 es igual al que le lleva viajar de la 3 a la 4; y el área A1 tiene la misma superficie que la A2.

plazado, en un lugar llamado foco; que los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales, aunque se muevan más velozmente cuando están más cerca del Sol, y más lentamente cuando están más lejos.

A Kepler no lo hizo nada feliz este descubrimiento, sino todo lo contrario. Él esperaba encontrar la perfección y la armonía en sus estudios de los planetas, porque si todo había sido creado por un dios perfecto, el universo debería ser perfecto. El peso de la evidencia acaba destruyendo los mitos.

Con órbitas perfectas y circulares, las observaciones de Tycho y Kepler sobre Marte no concordaban con la teoría y con las predicciones. Algunas veces, esas diferencias eran mínimas, de apenas 8 minutos de arco. Kepler podría haberlo pasado por alto, o podría haber acomodado sus cálculos para salvar las apariencias y que encajaran en la teoría, como hizo Copérnico.

Un paso atrás, dos adelante

Nicolás Copérnico, un canónigo polaco que publicó un libro pocos días antes de su muerte, en 1543, es el padre del heliocentrismo, uno de los grandes próceres de la ciencia. En él presenta *“una novedosa teoría en el supuesto caso de que la Tierra no se encuentre en el centro del sistema del mundo, sino que ese lugar es ocupado por el Sol”*.

Pero su libro era tan incomprensible que nadie lo leyó. Por un lado, mejor, porque si lo hubieran hecho los científicos más serios de la época, hubieran encontrado que Copérnico, en lugar de quitar los epiciclos y deferentes, agregaba muchos más, y acomodaba los cálculos para que encajaran en su teoría. Es decir, también salvaba las apariencias.

Copérnico conservaba las esferas de Aristóteles; y los planetas, incluida la Tierra, giraban en torno a un Sol central sobre epiciclos montados sobre otros epiciclos, que a su vez giraban en círculos deferentes. Este sistema no era más sencillo que el de Ptolomeo, pero afortunadamente lo que perduró fue la idea, una de las más importantes de la historia: la Tierra no es el centro del universo.

Kepler sí leyó el libro de Copérnico, pero a diferencia del polaco, fue sincero con sus creencias y con sus descubrimientos. No dejó escapar esos 8 minutos de arco (1 minuto de arco es una 60ava parte de un grado) que le causaban tantos problemas para sus cálculos y sus convicciones. Su ob-



Venus es el tercer astro más brillante del cielo, después del Sol y la Luna.

sesión pero también su humildad lo llevaron a uno de los descubrimientos más influyentes.

Esta historia se completa, contemporáneamente a la de Kepler, con Galileo y su telescopio, un instrumento científico gracias al cual pudo comprobarse la teoría. Cuando observemos los planetas y sigamos sus movimientos, a simple vista o con te-

lescopios, podemos pensar que estamos homenajeando a Tycho, a Kepler y a Galileo, haciendo lo que ellos hicieron hace más de 400 años. ■

* *“¡Vaya timo!”* es el título de una serie de libros publicados por Editorial Laetoli, entre los que se encuentra *“Las pseudociencias, ¡vaya timo!”*, de Mario Bunge.



Mercurio



Júpiter



Marte



Saturno



Venus

Representaciones de los dioses romanos, de los cuales los planetas tomaron sus nombres. Mercurio, el mensajero de pies alados de los dioses (Hermes y Psique, de Raffaello Sanzio. 1518, fresco en Villa Farnesina, Roma). Venus, la diosa de la belleza (El nacimiento de Venus, de Sandro Botticelli. 1484, Galería Uffizi, Florencia). Marte, el dios de la guerra (estatua romana del rey Pirro representado como Marte. Siglo I, Musei Capitolino, Roma). Júpiter (Zeus, según los griegos), el principal de todos los dioses (Museo Pío-Clementino, Vaticano). Saturno, dios de la agricultura y la cosecha (Saturno devorando a un hijo, de Francisco de Goya. 1823, Museo del Prado, Madrid).





Las Tres Marías (a la izquierda) es uno de los grupos de estrellas más conocidas, tanto como la constelación a la que pertenecen: Orión. En esta imagen que abarca unos 6° del cielo se ve el resultado del procesado de 27 fotos de 2 minutos de exposición cada una, con cámara réflex y lente fotográfico. El campo que brinda la lente permitió tomar todos esos increíbles objetos en el mismo cuadro: la Gran Nebulosa de Orión (a la derecha), la Flama y la Cabeza de Caballo (ambas en torno a la estrella Alnitak), entre otros. La imagen fue realizada por **Carlos Di Nallo** el pasado 6 de noviembre desde San Antonio de Areco.

26 DE FEBRERO DE 2017

Eclipse patagónico



En la mañana del próximo 26 de febrero se producirá un eclipse anular de Sol. Desde el sur de la provincia de Chubut se podrá apreciar el fenómeno en su totalidad, mientras que en latitudes como la de Buenos Aires, la Luna ocultará el Sol en un 70% aproximadamente.

UN ECLIPSE DE SOL SE DA CUANDO LA LUNA, EN SU FASE “NUEVA”, SE INTERPONE ENTRE EL SOL Y LA TIERRA. Pero no en todas las lunas nuevas se da un eclipse, ya que el plano orbital de nuestro satélite está casi 6° inclinado con respecto a la órbita terrestre. Entonces, los eclipses (de Sol o de Luna) se dan, en promedio, cada seis meses, cuando la Luna se encuentra en alguna de las dos intersecciones de ambos planos orbitales (llamadas nodos) y, además, esa posición coincide en dirección al Sol.

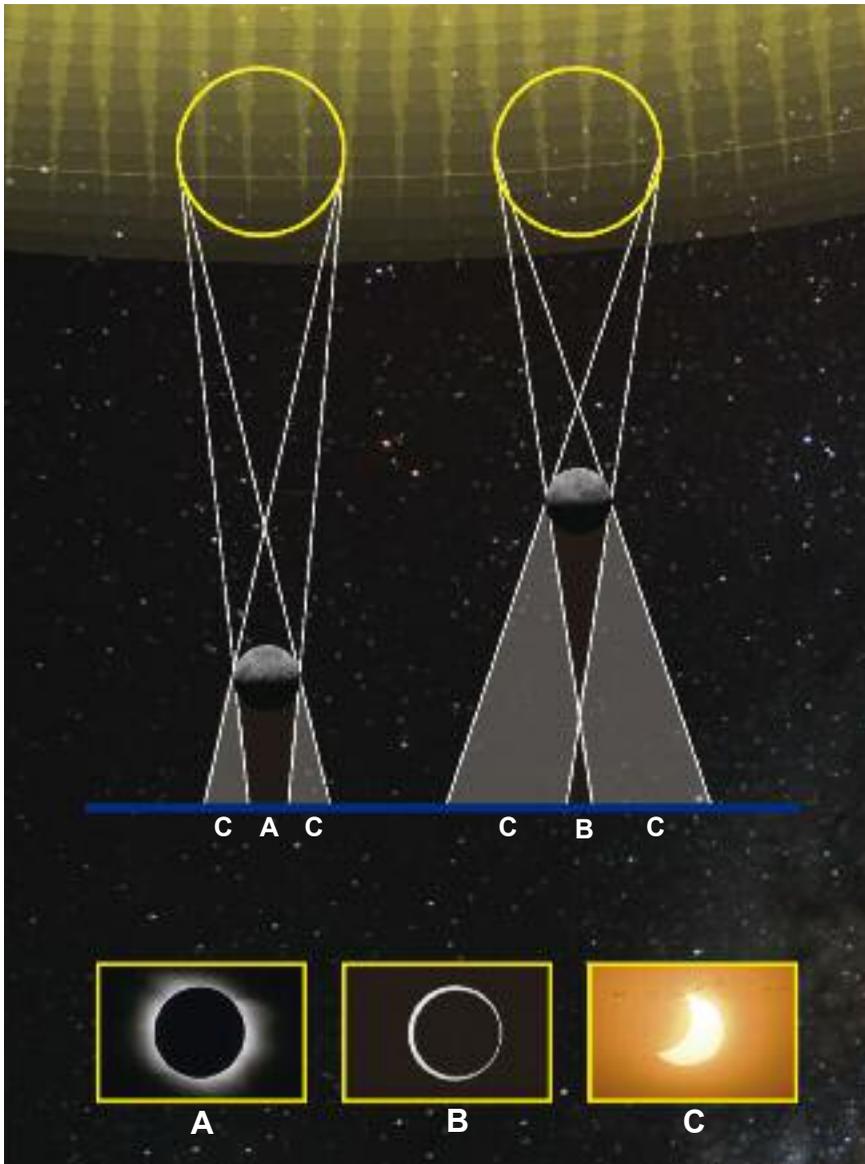
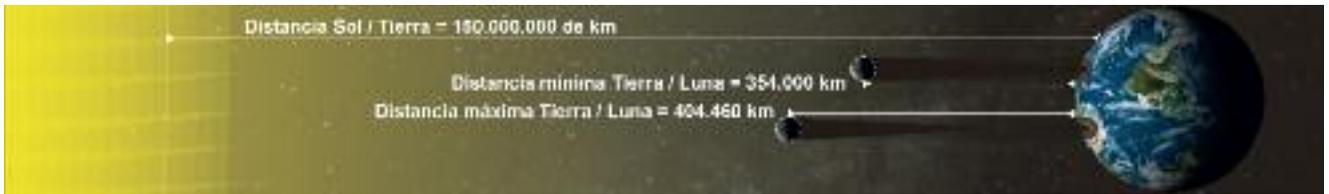
Un eclipse de Luna se ve en todo el sec-

tor de la Tierra donde es de noche. Pero uno de Sol no es tan fácil: la totalidad sólo se ve en una estrecha franja que recorre la superficie de la Tierra de oeste a este (por el movimiento propio de la Luna), y que como mucho puede llegar a tener 200 km de ancho. Si estamos en algún sector de esa franja, podremos ver la totalidad del eclipse. Si estamos más al norte o más al sur, el eclipse se verá parcialmente.

Un eclipse anular como el del 26 de febrero ocurre cuando la Luna, por encontrarse cerca del punto en su órbita más

alejado de la Tierra, no alcanza a tapar por completo el Sol. El diámetro aparente de la Luna será apenas menor que el del Sol. El cono de sombra que la Luna proyecta no llega a tocar la superficie terrestre. Entonces, durante la totalidad del eclipse (que durará apenas un minuto), un “anillo” del Sol queda rodeando el disco oscuro de la Luna.

En el mapa de la página 28 podemos ver la franja, que esta vez será de alrededor de 50 km de ancho, desde la cual se podrá ver el eclipse por completo. Más al norte o más al sur de esa franja, el



La órbita de la Luna alrededor de la Tierra es elíptica (como todas las órbitas), por lo que en algunas oportunidades, nuestro satélite se encuentra un poco más cerca (perigeo) y, en otras, un poco más lejos (apogeo). Cuando la Luna está cerca del apogeo y ocurre un eclipse de Sol, el disco lunar no alcanza a tapan por completo el Sol y se da un eclipse total, pero “anular”. En el gráfico de la izquierda, la línea azul representa la superficie terrestre. Quien esté ubicado en la posición A verá un eclipse total de Sol tradicional; en la posición B verá un eclipse anular; y en la C, un eclipse parcial.



eclipse será parcial, porque desde esas perspectivas, la Luna no tapaná por completo el Sol. Mientras más cerca de la franja nos encontremos, mayor será la porción de Sol tapada por la Luna.

Desde Buenos Aires y alrededores, el eclipse se verá parcial. La Luna comenzará a “morder” el disco solar a las 9:31 h. A las 10:53 el Sol estará cubierto en un 70% aproximadamente, y a las 12:23 finalizará el evento.

Arriba a la derecha, eclipse parcial de Sol del 11 de junio de 2010, visto desde Pehuajó. Este eclipse fue total desde El Calafate, Santa Cruz. Abajo, un eclipse anular.



Algunos lugares de nuestro país en los que el eclipse será total son las localidades de Camarones y Bahía Bustamante, sobre la costa de Chubut; al norte de la ciudad de Sarmiento, sobre el centro de la provincia, entre los lagos Musters y Colhué Huapi; y el pueblito Facundo, sobre la Ruta Nacional N° 40. En todas estas localidades el eclipse comenzará algunos minutos antes que en Capital Federal.



Cómo observarlo

Nunca es conveniente ver el Sol a simple vista, ya que puede causar daños irreversibles a la vista. Existen diferentes métodos para observarlo, como telescopios con filtros H-alfa y láminas *Mylar*, pero hay que estar completamente seguros de que sean aprobados por las normas de seguridad. No es buena idea inventar métodos caseros, como mirar a través de radiografías, filtros inventados o anteojos para soldar. El método más seguro es a través de la proyección de la imagen del Sol con un telescopio: hay que apuntar al Sol utilizando la sombra del telescopio (nunca poniendo el ojo en el ocular), y colocar una pantalla plana (desde un cartón hasta lo que el ingenio y la tecnología nos proporcionen), y ver cómo la imagen del Sol y, en este caso, de la Luna eclipsándolo, se proyectan desde el ocular. ■

Arriba, región central de la totalidad del eclipse del 26 de febrero. En el medio, un detalle en el que se ve la región de nuestro país, al sur de Chubut, desde la que se verá la totalidad del eclipse. Abajo, los eclipses totales de Sol visibles en nuestro país en la primera mitad del siglo XXI, ideal para planificar futuros viajes.



Región central del eclipse del 26 de febrero



Eclipses totales de Sol en nuestro país

PALEONTOLOGÍA

¿Nos sigue afectando la desaparición de la megafauna hace decenas de miles de años?

Por Martín Cagliani, (<http://simiodesnudo.com>)

mcagliani@sinectis.com.ar

Los animales gigantes suelen ser material de historias de terror o películas de catástrofes. Pero, hasta hace algunas decenas de miles de años, eran moneda común en cualquier ecosistema terrestre o marino. Las implicancias que tuvo su extinción en los ecosistemas globales se empiezan a conocer, y nos siguen afectando.

DURANTE MILLONES DE AÑOS LOS ECOSISTEMAS DE TODOS LOS CONTINENTES, YA SEA SOBRE LA TIERRA O BAJO EL MAR, CONTABAN CON ANIMALES DE GRAN TAMAÑO, al estilo de nuestros actuales elefantes o ballenas, sólo que algunos eran de mayor porte todavía, como los mamuts o el tigre dientes de sable. Pero desde hace unos 40 a 10 mil años, casi desaparecieron del mundo silvestre.

La pérdida de la megafauna puede precipitar muchos y rápidos cambios ecológicos, pero también cambiaría el ecosistema a largo plazo. Los científicos están notando que estos gigantes son tan necesarios para los ecosistemas que su desaparición puede cambiar por completo esos paisajes. Si desaparecieran los elefantes de África, por ejemplo, sus ecosistemas característicos, la sabana y el bosque, se transformarían en algo totalmente diferente.

Legado de gigantes

La extinción de la megafauna es un evento dramático en la historia de nuestro planeta, del cual todavía hoy los ecosistemas globales siguen sintiendo sus efectos, como se evidencia en una serie de investigaciones publicadas en un especial de la revista científica PNAS, que son el resultado de un *workshop* internacional que se llevó a cabo en la Universidad de Oxford, Es-



Renata Cunha Arts

Se considera megafauna a los enormes mamíferos, de más de una tonelada de peso, que habitaban diferentes ecosistemas hasta hace alrededor de diez mil años. Por ejemplo, el megaterio (un perezoso gigante), el toxodón (similar a un rinoceronte), el gliptodonte (como un armadillo gigante), el esmilodón (o tigre dientes de sable) y el mastodonte (emparentado con los elefantes y mamuts), todos habitantes de lo que hoy es la Argentina y Sudamérica en general. Su extinción puede ser vinculada a la llegada del ser humano y a cambios climáticos, o a ambas cosas.

tados Unidos, en 2014, acerca de las implicancias de la desaparición de la megafauna a nivel global.

Los científicos comienzan a ver que estos gigantes tuvieron un efecto profundo en la naturaleza y en el funciona-

miento de los ecosistemas de los cuales formaban parte. Plantas, hongos, animales, bacterias, insectos e incluso el paisaje, como el suelo, el agua y los ríos, componen los sistemas ecológicos que suelen formarse a lo largo de miles de

años. Allí nadie está aislado, todos dependen entre sí.

“Sabemos, sin lugar a dudas, que los grandes animales daban forma a los ecosistemas, de la misma forma que lo hacen los elefantes hoy en día en África”, cuenta Yadvinder Malhi, profesor de ciencia de los ecosistemas de Oxford, autor principal de uno de los estudios de PNAS.

“Pocas personas se dan cuenta de que en Sudamérica existían elefantes incluso más grandes, que generaron un impacto similar”, continúa Malhi. “Nuevos estudios sugieren que habría otros efectos menos notorios, como el rol que tuvieron en movilizar los nutrientes alrededor de los ecosistemas, gracias a sus deposiciones o, incluso, afectando el cambio climático a través de emisiones de metano y la modificación de la vegetación”.

“Tal vez la implicancia más profunda podría haber sido la reducción en el movimiento de nutrientes”, explica Chris Doughty, de la Universidad de Oxford, autor principal de otro de los artículos publicados en PNAS. “Los grandes animales son eficientes en esto, porque justamente mueven una gran cantidad y tienen intestinos de gran tamaño. Estas enormes criaturas comen muchos frutos y plantas, que luego devuelven al ecosistema como abono y dispersando semillas. Al ser tan grandes y tener una mayor capacidad intestinal, se esperaría una mayor distribución de nutrientes a lo largo del paisaje”, dice Doughty.

Plantas, hongos, animales, bacterias, insectos e incluso el paisaje, como el suelo, el agua y los ríos, componen los sistemas ecológicos que suelen formarse a lo largo de miles de años. Allí nadie está aislado, todos dependen entre sí.



Renata Cunha Arts

El *Megatherium* (“gran bestia”, en griego) fue el perezoso más grande conocido y uno de los mayores mamíferos terrestres que existieron. Pesaba más de 3 toneladas y media más de 6 metros de longitud de la cabeza a la cola. Su tamaño era equiparable al de los elefantes actuales. Las especies de *Megatherium* fueron miembros de la abundante megafauna del Pleistoceno, una época geológica que finalizó hace unos 10.000 años, que se caracterizó por la existencia de grandes mamíferos, la mayoría ya extintos.

Sin gigantes

Anthony D. Barnosky, de la Universidad de California (EE.UU.), y sus colegas, compararon el impacto de la extinción de estos animales de gran tamaño en la Patagonia y la Pampa de Argentina, y en el norte de Estados Unidos. Descubrieron que, si bien en Norte América los cambios eran los esperables, no sucedió lo mismo en Sudamérica.

Al parecer, para que la extinción de la megafauna dispare cambios totales en el ecosistema a largo plazo, los gigantes debían cumplir con dos condiciones: una de ellas, ser lo que se conoce como “ingenieros del ecosistema”, es decir, animales de gran porte que lo modifiquen de forma constante. Por ejemplo, un único elefante come por día casi 200 kilos de pasturas, arbustos y cortezas de árboles. Todas esas especies vegetales proliferarían si no existiesen los elefantes, tal vez, evitando que proliferen otras, quitándoles su lugar, disparando una cadena de cambios.

La otra condición era que el ecosistema debía contar con especies vegetales que pudiesen responder a la desaparición de

los gigantes, es decir, especies que pudiesen colonizar zonas que antes no eran aptas para ellas por la acción de la megafauna.

Estos descubrimientos permiten identificar cuáles son los ecosistemas modernos que están en riesgo de desaparecer, ya sea porque han perdido a sus gigantes protectores o porque albergan especies de megafauna actuales en peligro de extinción. ■

El autor. Martín Cagliani es escritor con estudios de periodismo científico, antropología, historia, guión de cine y televisión. Es autor del libro “Modelo para armar, la evolución humana paso a paso (y parte a parte)”, de la colección *Ciencia que ladra*, de Editorial Siglo Veintiuno. Publica sus artículos en su sitio “Simio Desnudo”: simiodesnudo.com, y en diferentes medios de comunicación.

TERREMOTO DE LISBOA Y VOLCÁN KRAKATOA

Las peores catástrofes geológicas de la historia reciente

Por Maximiliano C. L. Rocca, The Planetary Society, Pasadena, EE.UU. maxrocca2010@gmail.com

Todos sabemos que de tanto en tanto ocurren terremotos o erupciones volcánicas en nuestro planeta. Los terremotos son el reflejo de la actividad tectónica de la corteza terrestre, y los volcanes, el resultado de la liberación del calor interno del planeta. ¿Cuáles han sido el peor terremoto y la peor erupción volcánica de la historia reciente?

DEBEMOS ENTENDER PRIMERO LOS NIVELES DE ENERGÍA ASOCIADOS A ESTOS FENÓMENOS, QUE SE MIDEN A TRAVÉS DE LA UNIDAD LLAMADA MEGATÓN DE TNT. Un megatón de TNT equivale a la energía liberada al detonar un millón de toneladas del explosivo trinitrotolueno. Esta unidad se usa también para medir la potencia de las armas atómicas y termonucleares. Una bomba termonuclear de hidrógeno en la punta de un misil balístico intercontinental tiene, en promedio, unos 10 megatonnes de TNT de potencia, y es capaz de arrasara una ciudad como Buenos Aires.

Las dos bombas atómicas detonadas en agosto de 1945 a unos 600 metros de altura sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki liberaron “sólo” 20 kilotonnes de TNT, o sea, la energía de 20 mil toneladas de TNT. Fue suficiente como para arrasara las dos ciudades hasta los cimientos.

También debemos hacer notar que la cantidad de muertos en terremotos o erupciones volcánicas no siempre nos da la verdadera magnitud de la energía liberada en el evento. Un terremoto de poca energía pero que justo ocurre por debajo de una gran ciudad matará a mucha más gente que otro de mucha más energía, pero que ocurra en un lugar deshabitado.

Terremoto de Lisboa, Portugal: 1° de noviembre de 1755

Tuvo lugar la mañana del día de Todos los Santos, una festividad cristiana nacional en Portugal y otros países católicos. A las 9 de la mañana los fieles estaban reunidos en las iglesias celebrando misas.

A las 9:30 h, en algún lugar submarino del



Volcanes, terremotos y tsunamis están considerados entre las peores catástrofes naturales. Sólo pueden ser superados por impactos de asteroides y cometas.

océano Atlántico, entre Portugal y las islas Azores, se produjo un terrible terremoto. Se calcula que alcanzó la magnitud 9 en la escala de energías de Richter, y liberó 1000 megatonnes de TNT.

Los informes contemporáneos indican que el terremoto fue particularmente largo y duró entre 3 y 6 minutos, y que produjo grietas de cinco metros de ancho que se abrieron en el centro de la ciudad. En pocos minutos, Lisboa fue fuertemente sacudida por las ondas sísmicas, y los edificios cayeron por doquier. Las iglesias se derrumbaron y aplastaron a los fieles reunidos en misa.

Los supervivientes, que escaparon en busca de seguridad al espacio abierto que constituían los grandes muelles de mármol

del puerto, pudieron observar con desconcierto cómo el agua del océano empezó a retroceder, lo que reveló el lecho del mar y los viejos naufragios. Cuarenta minutos después del terremoto, tres tsunamis gigantescos, con olas de entre 6 y 30 metros de altura, llegaron desde el océano y engulleron el puerto y la zona del centro. El primero de los tsunamis fue una pared de “agua negra” de 30 metros de altura que se movía a 300 km por hora. Testimonios de la época dicen que el ruido del maremoto se escuchó a más de 2000 kilómetros, en Dinamarca.

En las áreas no afectadas por el maremoto, los incendios surgieron y prosperaron rápidamente, iniciados en su mayor parte por las velas encendidas en las iglesias. Las llamas

asolaron la ciudad durante cinco días. De una población de 275.000 habitantes que tenía entonces Lisboa, unas 90.000 personas murieron.

Erupción y explosión del volcán Krakatoa, Indonesia: 27 de agosto de 1883

Ha sido la peor erupción volcánica explosiva registrada en la historia reciente. En el pasado lejano ocurrieron erupciones aún peores, como la del volcán Toba, en Indonesia (hace 76.000 años); el Tera, en las Islas Cícladas, Grecia (hace 1700 años); y el volcán Tambora, también en Indonesia (en 1815). Pero no hay testimonios directos de ninguna de ellas. Es así que la erupción de Krakatoa es la peor de las que han sido muy bien documentadas.

Antes de la erupción de 1883, Krakatoa estaba constituido por tres islas principales y varios islotes. La isla Krakatoa en sí misma tenía 9 km de largo, 5 de ancho y 800 metros de altura. Krakatoa era un estratovolcán, es decir, una montaña cónica compuesta por la estratificación de lava, cenizas, piedra pómez y otros materiales piroclásticos, es decir, provenientes de nubes de cenizas o fragmentos de lava que surgen de un volcán activo.

El 20 de mayo de 1883, tres meses antes de la gran erupción, comenzaron a registrarse escapes de gases desde el cono. Las erupcio-

nes de ceniza alcanzaron una altura de 6000 metros y las explosiones pudieron oírse en Batavia (hoy Yakarta), a más de 150 km de distancia. La actividad se extinguió hacia finales de mayo. Como resultado, la población autóctona no adoptó medidas de seguridad adicionales. Sin embargo, la comunidad científica envió expertos para estudiar la isla y encontraron inquietantes signos de actividad volcánica latente.

El volcán entró de nuevo en erupción el 19 de junio. La causa, según se cree, fue una o varias fisuras que se formaron en el volcán. Como consecuencia, hubo mareas excepcionalmente altas en la zona y los barcos anclados tuvieron que ser amarrados con cadenas.

Después del 11 de agosto las erupciones fueron cada vez mayores, con penachos emitidos desde al menos once fisuras. El 24 de agosto las erupciones se intensificaron.

Aproximadamente a las 13 h del 26 de agosto, entró en su fase de máxima actividad y, alrededor de las 14, los observadores pudieron ver una nube negra de ceniza de una altura de 27 km que salía del volcán. En este punto, la erupción era prácticamente continua y las explosiones podían oírse con intervalos de diez minutos. Se informó de la caída de ceniza pesada desde barcos que se encontraban a más de 20 kilómetros de distancia del volcán, con pedazos de piedra pómez caliente de hasta 10 cm de diámetro,

que caían sobre sus cubiertas.

El 27 de agosto de 1883 el volcán entró en la catastrófica etapa final de su erupción. Cuatro enormes explosiones ocurrieron a las 5:30, 6:42, 8:20 y 10:02 h. Cada una era acompañada de enormes tsunamis. La peor y más ruidosa fue la última. Una gran región del estrecho de la Sonda y varios lugares en la costa de Sumatra y Java fueron afectados por flujos piroclásticos del volcán, con oleadas de una mezcla de gas y rocas a altas temperaturas. Las explosiones fueron tan violentas que se oyeron incluso en Australia, a más de 5000 kilómetros de distancia, y se dice que marineros que se encontraban a 40 km quedaron sordos por el ruido.

La ceniza alcanzó una altura de 80 km, y toda la zona en cientos de kilómetros a la redonda quedó sumergida en una total oscuridad por el efecto de la nube de polvo y cenizas lanzadas desde el volcán.

Cada una de las cuatro grandes explosiones estuvo acompañada de flujos piroclásticos masivos. Tras estas explosiones, la isla quedó completamente destruida y soterrada bajo el mar. Se calcula que la explosión más fuerte liberó unos 200 megatones de TNT de energía.

El peor de los tsunamis alcanzó unos 40 metros de altura, arrasó las costas de Indonesia y mató a miles de personas. Las erupciones disminuyeron rápidamente después de aquel punto y no se registró más actividad desde



Grabado de la época que representa el terremoto y maremoto de Lisboa, Portugal. El mar retrocedió y, 40 minutos después, el tsunami arrasó con el puerto y el centro de la ciudad.

la mañana del 28 de agosto. Los efectos combinados de flujos piroclásticos, cenizas volcánicas y tsunamis tuvieron resultados desastrosos en toda la región y mataron a unas 36.000 personas.

Hay numerosos informes documentados de grupos de esqueletos humanos encontrados sobre “balsas” de piedra pómez volcánica flotando sobre el océano Índico, que llegaron hasta la costa oriental de África incluso un año después de la erupción. Y gigantescas “islas temporales” de piedra pómez de decenas de kilómetros de diámetro flotaron a la deriva por el océano alrededor de Sumatra y Java durante meses, lo que entorpecía la navegación.

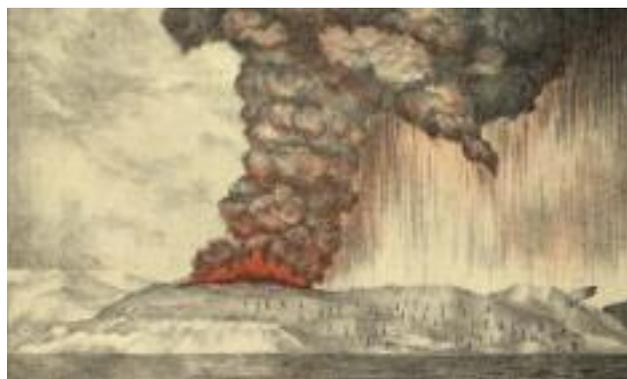
Puede haber algo peor...

Sólo hay un fenómeno geológico activo capaz de liberar aún mayores cantidades de energía: el impacto de asteroides o cometas. El hipotético impacto de un asteroide de “sólo” 500 metros de diámetro, que se mueve a 20 km/segundo, liberaría unos 25.000 megatonnes de TNT y abriría un cráter de 10 kilómetros de diámetro. Sólo mediante el conocimiento y su estudio podremos predecirlos y protegerlos de ellos. ■



Grabados del volcán Krakatoa antes y después de la erupción de 1883. La isla tenía una extensión de 9x5 km, y una altura de 800 metros.

Tras la explosión del volcán, la isla desapareció por completo.



Nota del autor. El terremoto de Lisboa de 1755 ha sido estudiado y revalorizado en los últimos 15 años. En los libros viejos se lo menciona, pero no se lo suele apuntar como el peor de la historia. Se menciona el terremoto de Valdivia, Chile, de 1960, con magnitud 9, como el peor. Eso pasa mucho en libros viejos o en sitios de Internet que copian datos de libros viejos. El terremoto de Lisboa quedó poco valorado por décadas, y los datos antiguos no lo consideran tan potente como realmente fue.



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

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



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

ÁREAS PROTEGIDAS EN EL SISTEMA SOLAR

Parques espaciales

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



Diego Hernández

La propuesta de crear áreas protegidas en diferentes cuerpos del sistema solar permitiría preservar parte del patrimonio geológico y, tal vez, del potencial biológico pasado, presente o futuro.

LA EXPLORACIÓN ESPACIAL ESTÁ EN UNA ETAPA FLORECIENTE. Desde 1959, gran cantidad de naves orbitaron, se estrellaron o se posaron controladamente en la Luna. Otras hicieron lo mismo en Marte y Venus. Más recientemente, sondas como NEAR, Messenger, Rosetta, Cassini-Huygens y Juno nos han permitido tomar contacto directo con otros cuerpos del sistema solar.

La experiencia demuestra que la actividad espacial deja un rastro de chatarra. La órbita terrestre es un buen ejemplo: infinidad de objetos, desde restos de cohetes y satélites hasta pequeños fragmentos de pintura, rodean el planeta y alcanzan en la actualidad niveles preocupantes. Vehículos y restos de más de 75 misiones se encuentran desparramados por la superficie de la Luna, junto con una enorme variedad de objetos dejados

allí por los astronautas. Hasta la fecha se acumulan unas 200 toneladas de artefactos de origen humano.

El “*Tratado sobre los Principios que deben regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes*”, firmado en 1967 en el marco del programa de *Naciones Unidas para el Desarme*, promueve la colaboración internacional y los fines pacíficos de la exploración espacial, y prohíbe a los países reclamar soberanía sobre el espacio exterior o cualquier astro.

A pesar de su larguísimo nombre, el tratado no da muchas precisiones acerca de las medidas necesarias para evitar la contaminación de los cuerpos explorados con material terrícola (contaminación directa), o de la Tierra como consecuen-

cia del ingreso de material extraterrestre (contaminación inversa).

Para compensar esta falta de precisiones, el panel de expertos del Comité sobre Investigación Espacial (COSPAR, según sus siglas en inglés) estableció una serie de categorías de “protección planetaria”. Con el objetivo de preservar las condiciones originales de los planetas, satélites o asteroides visitados, recomiendan diferentes niveles de esterilización para las misiones.

Para los destinos con escaso interés astrobiológico (como Mercurio y el Sol) no se requieren mayores precauciones. Las misiones a cuerpos que pueden tener importancia en el estudio de la química prebiótica, pero donde hay ínfimas probabilidades de contaminación con formas de vida provenientes de la Tierra, requieren procedimientos de esteriliza-

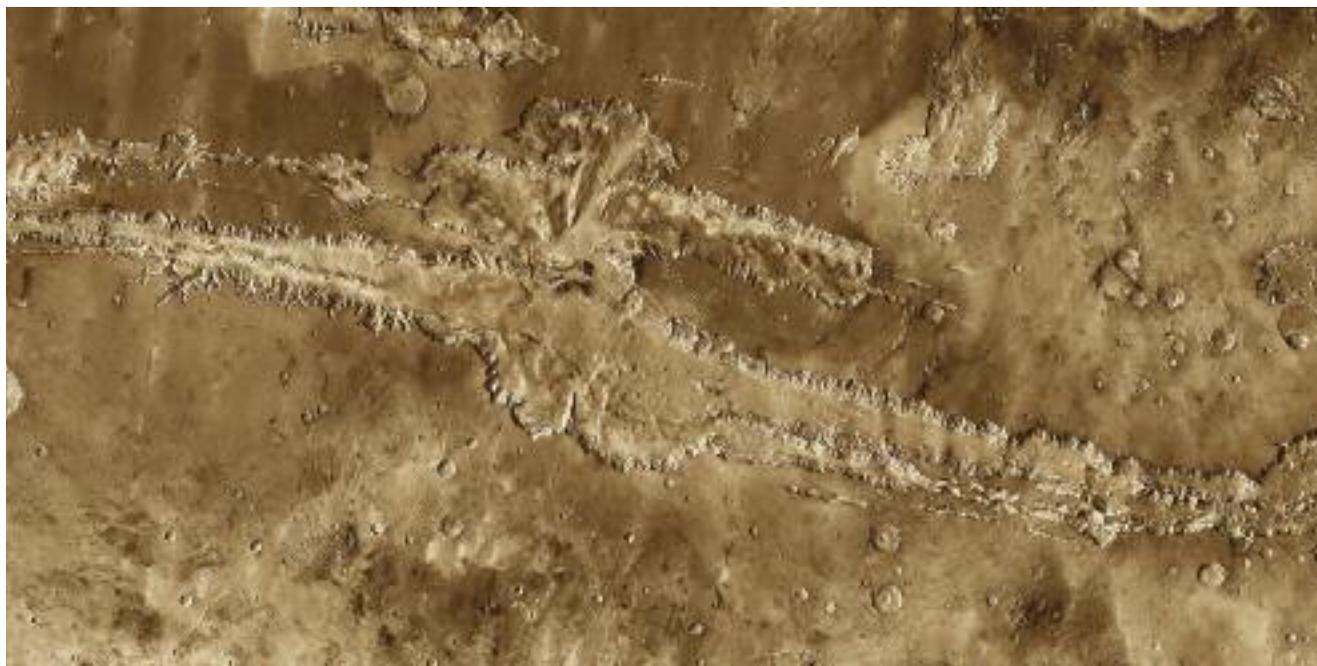


Foto: NASA/JPL/USGS

El Gran Cañón del Colorado queda opacado ante el imponente Valles Marineris, un rift de casi 4500 km de longitud en Marte.

ción laxos. Lo mismo ocurre para las misiones de sobrevuelo y los orbitadores a objetivos de interés astrobiológico, aunque en estos casos se requieren mayores cuidados, ya que se considera que pueden fallar y estrellarse.

Finalmente, las misiones destinadas a posarse y explorar la superficie de cuerpos con potencial de albergar o de haber albergado vida, son las que exigen mayores medidas de prevención de posible contaminación biológica. Deben esterilizarse tanto los vehículos y módulos de descenso como sus componentes.

Un sistema de áreas protegidas en el sistema solar

Transitar, horadar, levantar muestras, realizar experimentos físicos o químicos, inevitablemente altera las condiciones prístinas de esos mundos aparentemente inertes. La creciente participación de empresas interesadas en la explotación de recursos minerales en el sistema solar, o los proyectos de establecer colonias humanas fuera de la Tierra, obligan a plantear la cuestión en términos científicos, legales y éticos.

Por eso el COSPAR va un paso más allá, y propone establecer lineamientos para la protección de aspectos no relacionados con la vida; una especie de protección de la “geodiversidad” de los cuerpos celestes

que minimice el impacto de la exploración espacial.

En 2010, durante el taller del COSPAR sobre *Consideraciones Éticas para la Protección Planetaria en la Exploración Espacial*, surgió la idea de establecer “Parques Planetarios” en el sistema solar.

La propuesta contempla argumentos científicos: la utilidad de mantener zonas libres de actividad humana, con el objetivo de conservarlas en condiciones originarias que podrían ser necesarias en el futuro para resolver nuevos interrogantes. También incluye consideraciones éticas.



Representación artística: Ron Miller

Rafting en ríos de metano en Titán (luna de Saturno).

Representación artística: Vili Velišlav



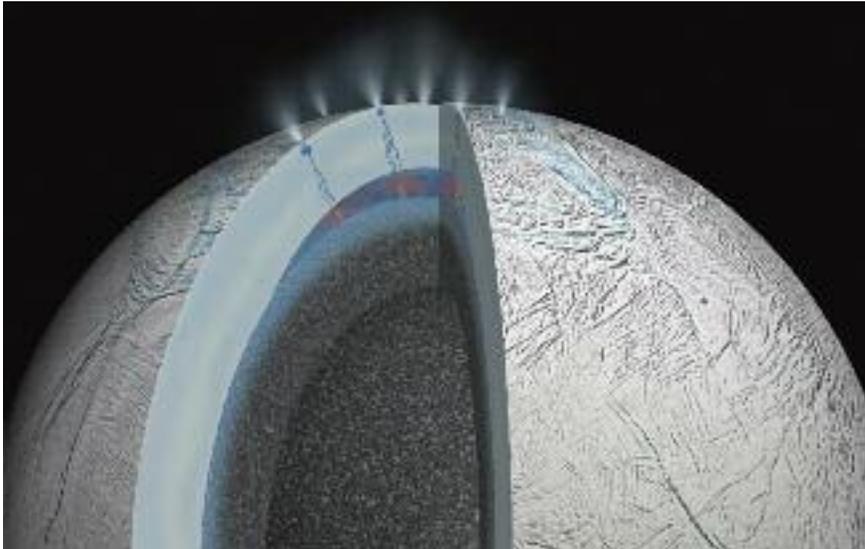
Exploración bajo la superficie de Europa (luna de Júpiter).

cas, como tratar de mitigar el impacto de la humanidad “fuera de casa”, mantener esos espacios para generaciones futuras o

preservarlos por su valor intrínseco. Como las Áreas Protegidas en la Tierra, los parques espaciales tendrían reglas

tendientes a mantenerlos libres de chatarra y a extremar las precauciones para evitar la contaminación biológica.

NASA/JPL/Space Science Institute



Trekking entre los géiseres de Encelado (luna de Saturno).

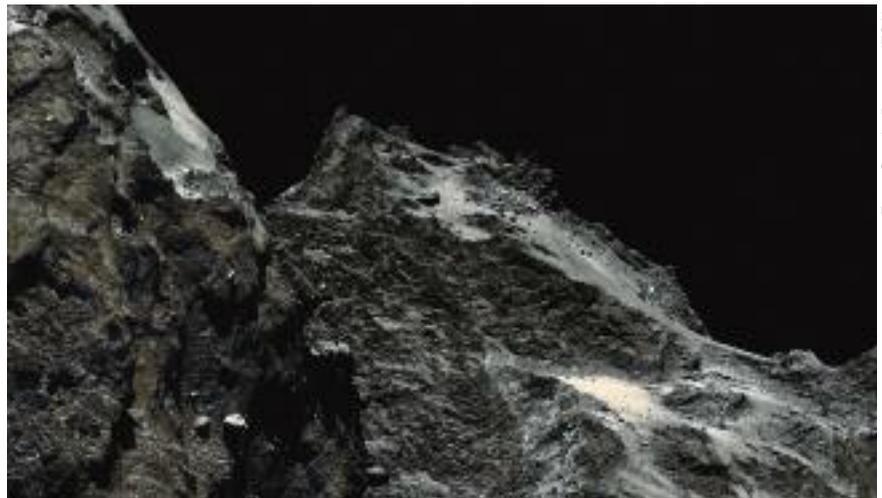
“Parques Nacionales”, en otros mundos

La rica biodiversidad terrestre se resguarda mediante la creación de áreas protegidas, para preservar los recursos naturales y culturales, y el correcto funcionamiento de los ecosistemas.

En Argentina el Sistema de Parques Nacionales cuenta con 41 áreas protegidas y cuatro especies declaradas monumentos naturales nacionales. Alcanza una superficie cercana a las 3.700.000 hectáreas, que representa alrededor del 1,5% de la superficie total del país.

Ahora, dejemos volar la imaginación para embarcarnos en un viaje de turismo-aventura por estos hipotéticos Parques Espaciales. ■

COSPAR, Comité para la Investigación Espacial, es parte del ICSU, Consejo Internacional para la Ciencia, una organización internacional integrada por 142 países. El Comité se creó en 1958, poco después del lanzamiento del Sputnik-1. Tiene como objetivo proporcionar un foro para el intercambio y la discusión de la problemática asociada a la investigación espacial. Argentina es miembro a través de la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales). El panel de expertos de Protección Planetaria se reúne periódicamente y actualiza los lineamientos para evitar la posible contaminación biológica de los cuerpos celestes explorados. <https://cosparhq.cnes.fr/>



Montañismo en el cometa Churyumov–Gerasimenko.

Foto: Sonda Rosetta (ESA)

CONSTRUCCIÓN Y LANZAMIENTO DE COHETES DE AGUA

Al infinito y más allá

Por Abel Saporiti, Grupo Astronómico Osiris, Bariloche. abelsaporiti@hotmail.com

“Mejor ser un cohete caído que no haber resplandecido nunca”.

Oscar Wilde

La construcción y el lanzamiento de cohetes de agua es una actividad con muchos aficionados. Algunos lo toman muy en serio y llegan a desarrollar competencias importantes. En el ámbito educativo se hizo muy popular por la cantidad de aplicaciones y emergentes que se pueden trabajar, y por la pasión que se despierta en los chicos, sin contar a los adultos que los acompañan.



Entre las dos imágenes hay 0,14 segundos de diferencia. Su aceleración fue de 40m/s^2 aproximadamente. Como el cohete ya agotó todo el combustible, también será su velocidad final, que se reducirá hasta llegar a 0 m/s cuando alcance su altura máxima.

ESTA PASIÓN TIENE SU EXPLICACIÓN: las leyes físicas y la ingeniería que rigen los cohetes de agua son las mismas que las de los cohetes verdaderos. Desde Ícaro, el hombre siempre tuvo fascinación por alcanzar las alturas, aunque sea proyectándose en un artefacto construido con sus manos.

¿Cohetes de agua?

Esta denominación no es totalmente correcta. Es análoga a pedirle a un mozo “*un vaso de agua*”. El mozo podría responder: “*Un vaso de vidrio con agua, querrá usted decir*”. Y tendría razón.

Los cohetes no son de agua, sino estructuras de materiales PET (terefalato de polietileno) de envases descartables de gaseosas, policar-

bonato, cartón, plásticos y otros materiales, propulsados por una mezcla de combustible de líquido y gas comprimido: agua y aire, aunque pueden utilizarse otras mezclas. Todo sirve para hacer un cohete, pero no va a volar bien con cualquier material.

Algo de historia

El cohete tiene su origen en el siglo XIII en China, con las saetas de fuego, elementos bélicos propulsados por pólvora, es decir, por una reacción química. Desde entonces hasta el siglo XVIII, la pólvora fue la base de la evolución del cohete, pero el verdadero inicio de la cohetería se remonta al siglo XIX. Las botellas PET de bebidas gaseosas fueron empleadas por primera vez para

fabricar cohetes de agua en 1974 en Estados Unidos, y su uso aumentó rápidamente. Desde entonces, el prototipo de cohete propulsado con agua ha ido ganando popularidad; incluso fue usado por la NASA en busca de nuevos talentos en los colegios.

La diferencia entre un cohete y un avión radica fundamentalmente en que el cohete no se apoya en un medio para propulsarse, o sea que puede viajar en el vacío. Un avión necesita de un medio (el aire de la atmósfera) para que las hélices o las turbinas succionen el aire, lo aceleren y generen el empuje necesario para que el avión vuele. (En rigor, los aviones de propulsión a chorro, o jets, crean la propulsión al succionar aire del ambiente

¡Se va la Primera! (Ley de Newton)

En un cohete de agua, el combustible (agua y aire comprimido, generalmente) se expulsa en un tiempo muy breve, de aproximadamente 1/8 de segundo. En ese tiempo, el cohete debe acelerar todo lo que se pueda. Luego de agotado el combustible, el cohete sigue su vuelo por inercia. Según la Primera Ley de Newton, todo cuerpo tiende a mantener su estado de reposo o de movimiento hasta que una fuerza lo modifique (por favor, no odiamos el aire). La etapa inercial del cohete, aire de por medio, durará entre 4 y 10 segundos, según la velocidad inicial que haya alcanzado.

¡Se va la Tercera... y la Segunda!

Los cohetes, en general, utilizan algún combustible y oxígeno (que deben llevar consigo) para producir una combustión, de forma tal que los gases resultantes se expandan y sean expulsados a gran velocidad por una abertura (tobera). Al hacerlo, el cohete es empujado en sentido contrario. Es una aplicación de la Tercera Ley de Newton, que establece que a toda acción le sucede una reacción de igual intensidad y en sentido contrario. Los gases son acelerados, por lo que el cohete (mediante el motor) ejerce una fuerza sobre ellos. Y por la Tercera Ley de Newton, la fuerza que ejerce el cohete sobre los gases es ejercida también sobre el cohete.

Si la fuerza aplicada es constante, la aceleración será constante (Segunda Ley de Newton). Como la masa del cohete es mucho mayor que la de los gases expulsados, la aceleración sufrida por el cohete será mucho menor que la sufrida por los gases. La fuerza es igual a la masa por la aceleración ($F = m.a$), y ambas fuerzas (la de los gases expulsados y la del cohete) son iguales.

Entonces: $M.a' = m.a$

donde m es la masa de los gases, M es la masa del cohete, a es la aceleración de los gases, y a' es la aceleración del cohete. Despejando, tenemos la aceleración del cohete:

$a' = a.m/M$



La aceleración de los gases debe ser muy grande para que la aceleración del cohete sea importante. Otra forma de explicarlo es mediante la conservación de la cantidad de movimiento. La cantidad de movimiento de un cuerpo es el producto entre su masa y su velocidad ($p = m.v$). La cantidad de movimiento de un sistema formado por varios cuerpos es la suma de las cantidades de movimiento de cada cuerpo. Y en ausencia de fuerzas externas, la cantidad de movimiento se conserva. Eso quiere decir que si tenemos un vehículo en el espacio y encendemos un propulsor, la cantidad de movimiento total del sistema debe mantenerse, y el sistema incluye tanto el vehículo como los gases que expulsa.

Para simplificar, supongamos que el vehículo está inicialmente en reposo (o que nuestro sistema de referencia se mueve a la misma velocidad que tiene el vehículo al principio). La cantidad de movimiento sería cero. Después de expulsar los gases, la cantidad de movimiento del cohete, más la de los gases, debe seguir siendo cero. Es decir, $M.V - m.v = 0$, donde M es la masa del vehículo, m es la de los gases, V es la velocidad final del cohete, y v es la velocidad de expulsión de los gases (con signo negativo, ya que tienen distinto sentido).

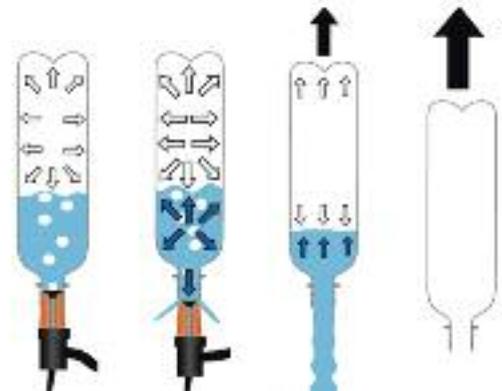
Si despejamos la velocidad del vehículo, tenemos:

$V = v.(m / M)$

La relación es la misma que la que hay entre las aceleraciones si utilizamos la Tercera Ley de Newton: m/M

No podría ser de otra forma, dado que en el fondo, las tres Leyes de Newton son una particularización de un concepto más genérico; la fuerza produce variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo:

$(F = \Delta p / \Delta t, \text{ o sea, } F = m.\Delta v / t, \text{ o sea, } F = m.a)$



que contiene oxígeno, para quemar el combustible que transportan).

Entonces, ¿cómo se propulsa algo en el espacio vacío? ¿Contra qué hace fuerza o se apoya para acelerar si no hay nada? La respuesta está en los gases de combustión.

Tipos de cohetes

Para obtener un impulso de gran rendimiento se debe realizar una conversión eficiente de la energía almacenada. Algunos cohetes convier-

ten energía química en energía cinética. Son los llamados cohetes químicos. Otros convierten energía eléctrica o térmica en energía cinética por otros métodos de combustión, llamados cohetes no químicos.

Los **cohetes químicos** crean propulsión gracias al producto químico que se genera al quemarse una sustancia. Fueron diseñados para funcionar en un ambiente en el que el aire es muy poco denso, o directamente en ausencia de aire. Cuando se trata

de colocar un satélite artificial en órbita, el ambiente es más o menos un vacío. Naturalmente, no hay oxígeno suficiente para quemar el combustible que crea la propulsión. Por lo tanto, el cohete tiene que transportar no sólo el combustible, sino también el oxígeno (el oxidante). Ésta es la diferencia esencial entre el cohete y los motores jets. Una característica importante de los cohetes químicos es que generan un gran empuje, lo que permite alcanzar aceleraciones

importantes en cortos períodos de tiempo. Por su parte, los **cohetes no químicos** utilizan energía eléctrica o energía térmica para acelerar y luego expulsar el propulsante. Hay cohetes de propulsión de iones, que expulsan partículas ionizadas por medio de su aceleración en un campo electro-magnético; cohetes de energía nuclear, y cohetes de propulsión por fusión nuclear, que expulsan gas a alta temperatura calentando partículas livianas (por ejemplo, de hidrógeno) en un reactor nuclear.

Existen numerosas ideas nuevas para generar partículas de alta velocidad, como el cohete de luz *quantum* diseñado para generar luz por medio de la reacción entre la materia y la antimateria. Otra idea es la de un sistema en el cual el cohete no transporte una fuente de energía, sino que dependa de un suministro de energía externa que convierta en energía cinética. Un ejemplo es la vela solar, una enorme membrana que se despliegue en el espacio y recoja la energía solar para mover el cohete.

¿Dónde encajan los cohetes de agua?

Por su comportamiento es posible clasificarlos como un híbrido entre las dos formas anteriores. Los cohetes de agua no utilizan ninguna reacción química, pero adquieren empuje utilizando aire presurizado dentro del depósito de combustible, para lanzar el agua hacia afuera. Por otro lado, tienen también algo en común con los cohetes químicos, ya que vuelan generando un empuje relativamente fuerte en un período corto de tiempo. En otras palabras, sufren un proceso de conversión de energía:

energía potencial del aire comprimido
 ▼
 energía cinética - expansión del aire
 ▼
 energía cinética del agua (expulsión)

Cómo optimizar el rendimiento del empuje de un cohete de agua

En principio, descartamos problemas aerodinámicos que puedan afectar el vuelo. Entonces, para alcanzar distancias mayores (siempre queremos que vuele lo más alto o lejos posible), necesitamos que cuando agote su “combustible” (agua y aire presurizado), el cohete haya alcanzado una velocidad elevada. La velocidad se puede

incrementar de varias maneras:

a- Reducir/aumentar el diámetro de la tobera (pico de la botella)

Si se reduce el diámetro de la tobera, la aceleración durará más porque el líquido se expulsará más lentamente, pero la masa expulsada será menor y, en consecuencia, la aceleración instantánea del cohete. Si se aumenta el diámetro de la tobera, el líquido saldrá con menos velocidad y la presión interna disminuirá rápidamente.

b- Aumentar la velocidad de expulsión del agua

Aumentar la presión de los gases dentro del depósito de combustible (cuerpo de la botella) incrementa la velocidad de expulsión del agua. Es sumamente importante respetar los márgenes de seguridad respecto de la resistencia del envase PET a utilizar. No es aconsejable trabajar con presiones superiores a los 4 kg/cm², para evitar estallidos de botellas y eventuales accidentes. Es aconsejable realizar pruebas de tolerancia a la presión que soporta el envase.

El uso de un líquido de menor densidad que el agua podría también servir para aumentar la velocidad de expulsión. Sin embargo, NO es aconsejable usar líquidos inflamables, por el peligro que representan. Puede ser interesante experimentar con líquidos más densos como agua salada, glicerina o soda (agua con gas).

c- Variar la cantidad de líquido del depósito del cohete

Si aumentamos la cantidad de agua, el cohete tendrá más tiempo de aceleración, pero disminuirá proporcionalmente la cantidad de gas comprimido, con lo cual disminuirá el efecto de la presión interna. También se incrementa la masa total del cohete y, por lo tanto, el peso. Si disminuimos la cantidad de agua, hay que recordar que el empuje es generado por el agua que está siendo expulsada. La cantidad de agua debe aproximarse al 25% del volumen total del depósito.

d- Disminuir la masa del cohete

Lo único que podemos hacer es eliminar los accesorios innecesarios. El conjunto cuerpo-nariz-faldón-aletas-contrapeso, debe servir para un buen funcionamiento del cohete.

e- Optimizar el coeficiente aerodinámico

Se logra con un buen diseño y construcción, lo que disminuirá el arrastre que produce el aire por rozamiento. El cohete debe ser liso,

sin salientes y bordes redondeados.

Aerodinámica: estabilidad y posición de vuelo

Es importante comprender las limitaciones de las botellas de PET en términos de fuerza estructural y resistencia a la presión. Como ya hemos dicho, no deben excederse límites razonables de presión. No hay empuje que valga, si no controlamos la posición y la dirección del vuelo. En los cohetes de agua, el vuelo es muy corto, con una aceleración importante, siempre dentro de la atmósfera. No obstante, las explicaciones son válidas para otro tipo de cohetes, por si alguien está pensando en poner en órbita algún satélite.

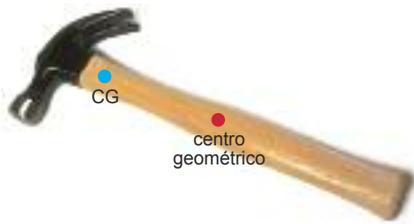
Centro de gravedad

Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo. Si lanzamos una pelota que gire en cierto ángulo, describirá una trayectoria parabólica uniforme. Si lanzamos un martillo que gire, describirá una trayectoria parabólica que no será uniforme, sino tambaleante, y ese tambaleo será respecto a un lugar muy especial: un punto llamado **centro de masa**.

La mayoría de la gente llama al centro de masa, **centro de gravedad** (CG). El centro de gravedad no es más que la posición promedio de la distribución del peso. Como el peso y la masa son proporcionales entre sí, el centro de masa y el centro de gravedad se refieren al mismo punto del objeto. Todo objeto tiene un solo punto donde se ubica el centro de gravedad, que puede estar en distintos lugares, y también es el centro de equilibrio. Es importante observar que todo el peso de un objeto se concentra en su centro de gravedad, es decir que si un objeto pesa 1 kg, podemos equilibrarlo aplicando una fuerza de 1 kg en ese punto (de sentido contrario). Si lo aplicamos en cualquier otro lugar, no podríamos sostenerlo. Vale aclarar que el centro de gravedad puede estar en un lugar donde no exista masa del objeto (en un anillo, el CG está en el centro del anillo).

El centro de gravedad es el punto desde el cual el peso de un cuerpo o sistema podría ser considerado actuante. Cuando un cohete es sometido a una fuerza externa, tal como viento lateral, gira en torno a su cen-

tro de gravedad. Por lo tanto, se puede decir que el centro de gravedad del cohete durante el vuelo coincide con el centro de la rotación de la posición de vuelo.



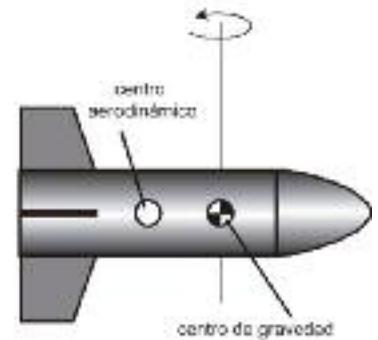
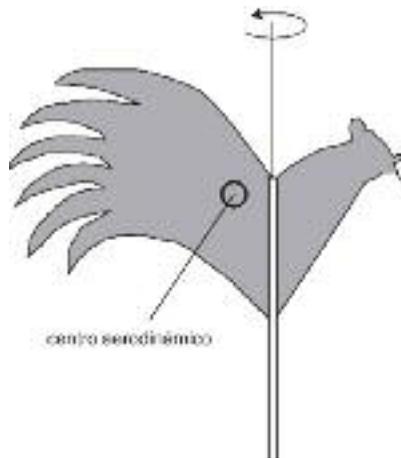
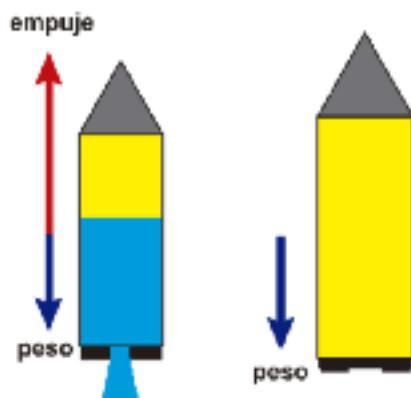
Centro de presiones (CP)

Durante el vuelo, un cohete está sometido a las presiones del aire que fluye a su alrededor. Todas sus partes, nariz, cuerpo y aletas, son sometidas, en ese orden, a las fuerzas aerodinámicas. El centro de presión es el centro de acción de la fuerza aerodinámica, es decir, el punto donde se concentran todas las fuerzas aerodinámicas. Si aumentamos la superficie de las aletas, mayor será la fuerza aerodinámica que las afecte, con lo cual, el centro de presión se trasladará hacia la parte trasera del cohete (donde están las aletas).

Estabilidad de una veleta

La estabilidad aerodinámica puede asociarse con este principio: una veleta siempre está de cara al viento porque la superficie detrás del eje de rotación es mayor que la delantera. Al ser mayor el área trasera, está sometida a una mayor cantidad de viento, y por lo tanto, desplaza el centro de presiones a la parte trasera. Lo mismo ocurre con el cohete: para que pueda mantener su estabilidad, es decir, que esté de cara al viento, depende de la relación de la posición entre su centro de rotación y el centro aerodinámico.

Como vimos, el centro de rotación del co-



hete es el centro de gravedad (CG), y el centro aerodinámico es el centro de presión (CP). Como el CG es actuante, es decir que el cohete rotará su posición en base a ese eje cuando esté sometido a fuerzas externas; y quien “tirará” del cohete es el CP, **es sumamente importante para la estabilidad del vuelo que el CG se encuentre por delante del CP.** Si esto no sucede, el vuelo se verá afectado, por ejemplo, por vientos laterales con mucha facilidad, y el vuelo será errático e impredecible.

Acerca del movimiento

La masa del recipiente no es constante, sino que disminuye con el tiempo. Es un sistema no conservativo. La masa total del recipiente es la suma de la masa de las paredes del recipiente y demás elementos que conforman el cohete, y del agua que contiene en el instante inicial.

La presión del aire es suficiente para empujar la masa de agua contenida en el cohete, que sale despedida por el orificio. El recipiente experimenta un empuje que es el producto de la velocidad de salida del agua (medida en el sistema de referencia del cohete) por la masa de agua expulsada. El movimiento mientras se expulsan el agua y el aire, es un movimiento uniformemente acelerado. Esta etapa dura menos de 1 segundo. Como vimos, el principio aplicable es de acción y reacción (3ra. Ley de Newton). La expansión del aire comprimido se produce rápidamente, en unos 0,02 segundos, lo que no permite un intercambio térmico, por lo que esta expansión puede considerarse un proceso adiabático.

Una vez que se ha agotado el agua del depósito, el aire en el interior tiene una pre-

sión mayor que la presión atmosférica, pero es realmente despreciable el impulso adicional proporcionado por la salida del aire por el orificio inferior hasta que se igualan las presiones en el interior y exterior del recipiente. Sobre el cohete actúa solamente el peso. El movimiento es inercial, y sigue la Primera Ley de Newton.

Dos grandes enemigos: aire y gravedad

Durante el vuelo, el cohete experimenta al menos dos fuerzas en sentido contrario, que lo desaceleran de manera constante hasta frenarlo. Eso determina, en función de la velocidad inicial, la altura máxima que podrá alcanzar (debemos sumar la altura alcanzada en la fase inicial de aceleración). Estas fuerzas son el rozamiento del aire (drag) y la gravedad (g).

Al moverse en el aire, un cuerpo experimenta una fuerza de rozamiento proporcional al cuadrado de la velocidad. Esta fuerza no es importante durante la fase de lanzamiento, que dura poco tiempo, durante la cual la fuerza de empuje es la que predomina. Pero puede ser importante en la fase de vuelo libre, desde que se agota el combustible hasta que alcanza la máxima altura. El rozamiento del aire provoca un arrastre hacia abajo del cohete, que afectará el vuelo en el sentido contrario. En esta etapa se pone a prueba la eficiencia en el diseño y la construcción del cohete.

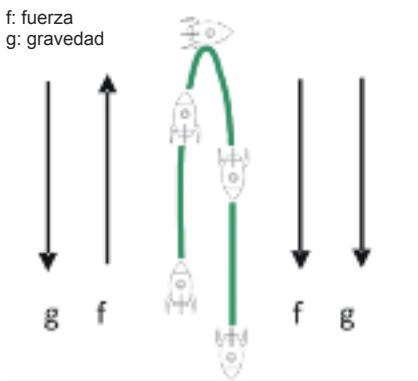
La fuerza de gravedad tirará hacia el centro de la Tierra, en contra de nuestro cohete, y lo frenará con una aceleración negativa de 9,81 m/s².

Podemos considerar el movimiento como un lanzamiento vertical, es decir, un movimiento desacelerado ascendente, y luego un movimiento acelerado descendente

(despreciamos el movimiento acelerado durante la etapa inicial del vuelo y el rozamiento del aire). Es un movimiento sujeto a la aceleración gravitacional, sólo que ahora es la aceleración la que se opone al movimiento inicial del cohete. La trayectoria vertical comprende subida y bajada de los cuerpos.

Características del movimiento:

- Nunca la velocidad inicial es cero (del vuelo inercial).
 - Cuando el cohete alcance su altura máxima, su velocidad en este punto será cero.
 - La velocidad de subida es igual a la de bajada en cada instante (despreciando siempre el rozamiento del aire).
- Este movimiento es engañoso (sube y sube, pero está frenando). Desde el momento inicial, la gravedad nos juega en contra y el movimiento pasa a ser desacelerado. Por esta razón, el objeto se frena al alcanzar su altura máxima, la cual dependerá del impulso inicial que le pudimos haber dado. Si el movimiento fuese acelerado (esto sólo sucedería si el impulso pudiera vencer la fuerza de gravedad) y le hubiésemos dado velocidad de escape, podría salir de la Tierra hacia el espacio.

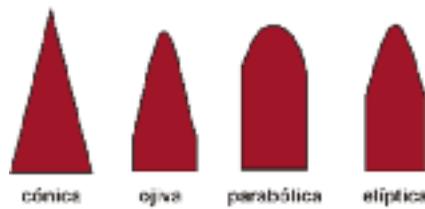


Resistencia aerodinámica

La forma del cohete es muy importante. La botella de gaseosa tiende a la forma aerodinámica, pero es necesario colocarle en el extremo una nariz. Lo más indicado sería utilizar una nariz elíptica, y la proa (la punta del cohete) debería tener mayor calibre que la popa (parte inferior). Ambas observaciones tienen la finalidad de disminuir la resistencia del cohete al aire.

Las aletas, un tema vital

Regla de estabilidad: “Un modelo de cohete



Tipos de narices de cohetes según su forma.

será estable siempre que su centro de presiones (CP) esté situado por detrás de su centro de gravedad (CG)”. El CP estará situado hacia la cola, y el CG, hacia la nariz. El tamaño y la forma de las aletas permitirán corregir el CP y el CG para lograr la estabilidad del cohete. Es recomendable incluir 3 o 4 aletas en el diseño, para aumentar la presión aerodinámica en la parte trasera del cohete. Eso bajará el CP hacia la cola.

Aumentar la longitud de las aletas desplazará el CP hacia abajo, pero hay que tener en cuenta la estabilidad de los materiales. Si utilizamos policarbonato de 1,1 mm, unas aletas de más de 12 cm serán débiles.

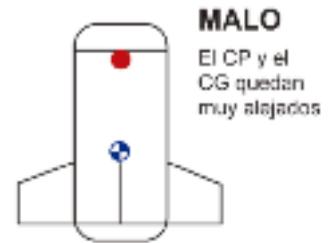
Los diseños fueron realizados con el programa “Open Rocket V15.03”. El punto rojo representa el CP y el Celeste/Blanco el CG. El CP siempre está por encima del CG, y eso no es bueno para la estabilidad del cohete. Entonces, debemos lograr que el CP esté lo más cerca posible del CG, para desplazar, finalmente, el CG por encima del CP con lastre que pondremos en la nariz del cohete.

En el momento del lanzamiento

Otro tema muy importante es la falta de estabilidad en los primeros instantes después del lanzamiento, en los primeros 0,2 segundos aproximadamente. La masa total del cohete terminado será de unos 250 gramos, pero debemos considerar que lo llenaremos con 500 cc de agua (para un cohete realizado con un envase de 2 litros). O sea que la masa del combustible es el doble de la del cohete. Nuestro CG se desplazó muy por debajo del CP, y el cohete es totalmente inestable durante la etapa del lanzamiento. La solución es muy simple: la lanzadera deberá tener un sistema de guiado para tratar de estabilizar el vuelo durante esta etapa. En Internet hay muchos modelos de construcción sencillos para construir el lanzador. En la página 42 se muestra un lanzador básico.

La seguridad

La velocidad de un cohete de agua puede

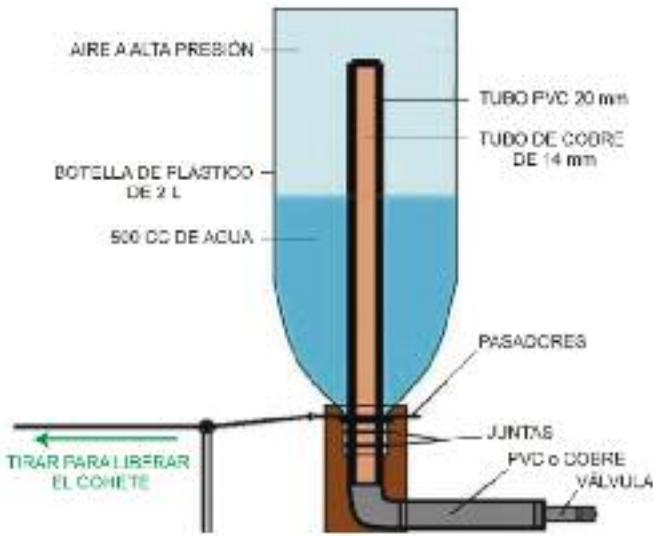


superar los 40 m/s. Por eso, es muy importante tomar algunos recaudos básicos de seguridad. Un diseño correcto y un buen armado del cohete son esenciales para tener éxito en los lanzamientos, pero también para la seguridad de los participantes. El vuelo de un cohete mal diseñado/construido puede tornarse impredecible y, teniendo en cuenta la velocidad, la energía cinética es considerable y puede causar daño a las personas.

El lugar de lanzamiento debe cumplir los siguientes requisitos:

- 50 m despejados a su alrededor.
- disponer de suministro de agua.
- que sea posible realizar un vuelo sin obstrucciones por una distancia de 100 m o más.
- que el sitio se encuentre a una distancia

Lanzador de un cohete de agua



segura del tráfico de peatones.
 -solicitar permiso previo, si es un lugar público.
 -se recomienda el uso de cascos y gafas de protección.

Consejos para el lanzamiento

-un lanzador por cada seis participantes.
 -bomba de aire: desde el punto de vista de la seguridad, se usará una bomba de aire equipada con un medidor de presión. La presión de trabajo será de 60-70 PSI = 4,5 kg aproximadamente.
 -suministro de agua, aunque las botellas estarán cargadas previamente.
 -debe avisarse que el público NUNCA intente agarrar un cohete que esté cayendo.
 -que las condiciones meteorológicas sean de clara visibilidad y no muy ventoso.
 -examen cuidadoso de cada cohete para comprobar que no tengan defectos o daños. Se debe prestar atención especial a

las partes sometidas a presión, ya que defectos allí podrían resultar en el estallido del cohete.
 -verificado y/o llenado con agua.
 -colocar el cohete en el lanzador y ajustar el ángulo de lanzamiento.
 -confirmar la seguridad del sitio de lanzamiento y evacuar el campo.
 -al iniciar el bombeo nadie debe estar frente a la bomba o detrás de ella.

-proceder a la cuenta regresiva.
 -iniciar la recuperación de los cohetes.

Conclusión

“Miradas al Cielo” es un proyecto que desarrolla actividades dirigidas a niños, adolescentes y adultos, con el fin de revalorizar la enseñanza y la divulgación de los fenómenos celestes. Está a cargo del Instituto de Formación Continua Docente (IFCD) de El Bolsón, y de Extensión de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Mi primera participación fue en 2013, en el 4º Encuentro de Jóvenes Astrónomos (EJA), en la Universidad de La Punta, San Luis, con alumnos del Colegio Secundario Cefirino Namuncurá, de San Carlos de Bariloche. Los EJA son congresos con jóvenes de distintos puntos del país. Allí incursioné por primera vez en la construcción y el lanzamiento de cohetes de agua. En 2014 me

incorporé como coordinador en Bariloche del Grupo Astronómico Osiris, que reúne a los jóvenes interesados en las actividades de este proyecto, y que dirige el profesor Diego Galperín, del IFDC y la UNRN, en El Bolsón, Río Negro. Algunos de los encuentros en los que hemos llevado a cabo esta actividad son: 5º EJA (2014) Malargüe, Mendoza; 6º EJA (2015) Las Grutas, Río Negro; CEM 16 (2014), Bariloche; Escuela Primaria N° 48 (2015), Bariloche; 12º Star Party Valle Grande, Mendoza (2016); Campamento Juvenil en La Querencia (2016), Villa Mascardi, Río Negro. ■

El autor. Abel Saporiti es Licenciado en Ciencias Informáticas, profesor de física en nivel medio y coordinador del Grupo Astronómico Osiris en Bariloche. Proyecto “Miradas al Cielo”: www.miradasalcielo.com.ar

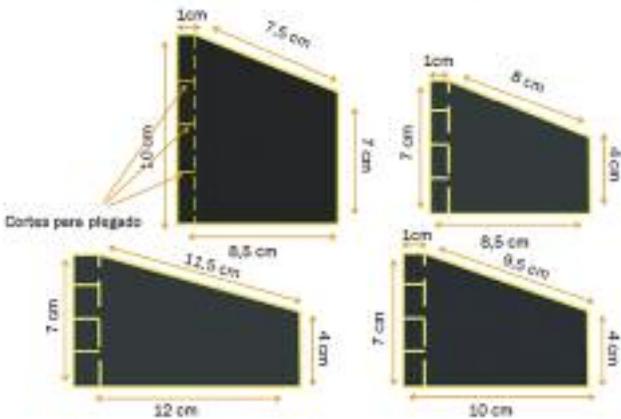


Filmado a 30 fotogramas por segundo, el tiempo entre la primera y la última imagen es 1/7 de segundo aproximadamente.

A construir nuestro cohete

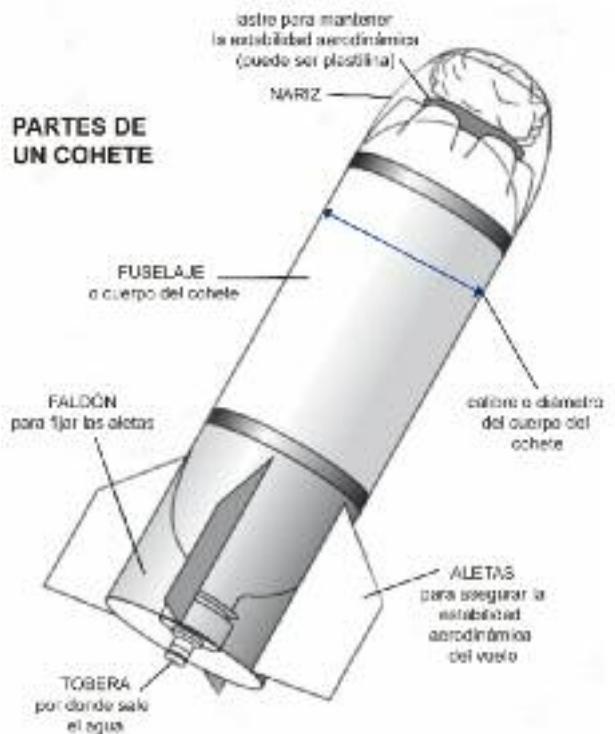
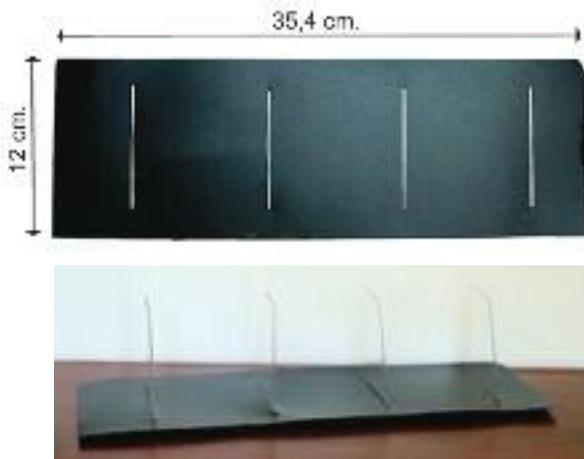
1° Las aletas

Distintos diseños de aletas, todos probados con buenos resultados. Las medidas están basadas en un envase PET de 11,5 cm de diámetro/calibre (sifón descartable), de policarbonato de 1,1 mm de espesor. Es firme y maleable, y puede cortarse fácilmente. Puede usarse cartón duro u otros materiales. Observe las marcas para corte que luego deberán plegarse para colocar las aletas en el faldón de cola.



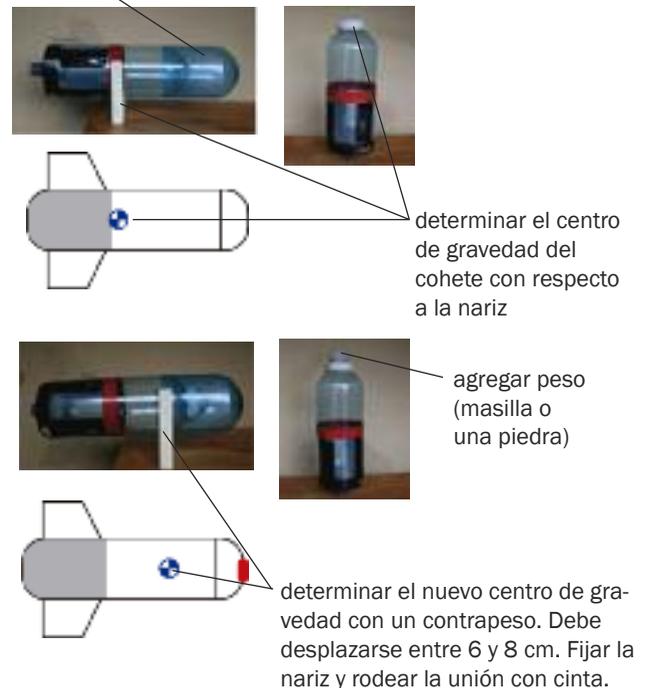
2° El faldón

El material ideal son las tapas de carpetas plásticas. Con un cúter calaremos 4 ranuras cuya altura debe ser igual a la altura de la aleta. El ancho de la ranura debe coincidir con el espesor del material que usemos. Es muy importante que todas las aletas sean iguales, y que estén a la misma altura. La distancia entre ranuras debe ser tal que se reparten equidistantes al envolver el cuerpo de la botella utilizada. Luego hay que insertar las aletas en el faldón, y asegurar las viñetas con cinta adhesiva del lado interior del faldón. Finalmente, envolver el faldón alrededor del cuerpo del cohete y fijarlo fuertemente con cinta.



3° Colocar la nariz y desplazar el centro de gravedad

La nariz puede hacerse con la parte inferior de media botella. El cohete se balanceará con la nariz para determinar su CG. Luego se retira la nariz y se coloca el contrapeso.



4° Revisión final del cohete

El paso final es examinar completamente el cohete para asegurarse de que no está torcida o dañada cualquiera de las partes, y que todas estén adheridas firmemente.

LA URSS NO LLEGÓ, PERO CASI

¿Por qué los rusos no pisaron la Luna?



Por Lic. Diego Córdova, prensaespacial.blogspot.com.ar

El 60º aniversario del Sputnik 1, el primer satélite artificial (4 de octubre de 1957), traerá el recuerdo de otros logros soviéticos, como el vuelo de la perra Laika (primer ser vivo en el espacio), el de los pioneros Yuri Gagarin y Valentina Tereshkova, y el del primer descenso suave, no tripulado, en otro mundo: la Luna. Todo hacía pensar que los rusos llegarían primero a poner un pie en nuestro satélite natural. Una suma de acontecimientos y razones torcieron finalmente ese objetivo a favor de EE.UU.

UNA MAÑANA DE SEPTIEMBRE DE 1968, EL BUQUE BORIVICHI, DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA UNIÓN SOVIÉTICA, aguardaba la reentrada de una cápsula similar a las Soyuz, sobre el océano Índico. Una vez rescatada, los marineros escucharon ruidos en su interior, sin saber de qué se trataba. Era una cápsula llamada Zond 5, y los ruidos provenían de los primeros seres vivos que realizaron un viaje alrededor de la Luna: dos tortugas terrestres, de la especie *Testudo horsfieldii*, llamadas justamente tortugas rusas.

Cerca de allí se encontraba un buque estadounidense, que alcanzó a registrar el rescate e identificó la nave como parte del programa lunar soviético. Este hallazgo desató la alarma en la agencia espacial norteamericana, la NASA. La tan temida "Luna roja" podría ser una realidad.

Los soviéticos habían anotado otro triunfo en su lista: el Sputnik 1, el primer satélite en órbita terrestre, y el Sputnik 2, con la perra Laika, ambos en 1957; los vuelos de Yuri Gagarin (1961) y Valentina Tereshkova (1963), pioneros del espacio; la primera caminata espacial, por Alexei Leonov (1965); y el primer descenso suave en la Luna, por la sonda Luna 9 (1966).

Todo indicaba que los rusos estaban en el umbral de poner un pie en la Luna. La NASA reaccionó y propuso que si la misión Apollo 7 (programada para octubre de 1968) tenía éxito, cambiaría sus planes para la Apollo 8, que pasaría a ser la primera misión en llevar astronautas alrededor de la Luna. Un descenso no era posible



aún, pero un vuelo orbital lunar, tripulado, sería un gran golpe de efecto para tomar la delantera de una vez.

El vuelo de la Zond 5 había sido un gran adelanto en la carrera soviética a la Luna, pero no fue parte de un plan sostenido para llegar. Si tuvieron alguna posibilidad, la perdieron cuando EE.UU. los descubrió y realizó, en diciembre de 1968, la misión Apollo 8, aquella tan soñada por Julio Verne: humanos alrededor de la Luna y, en breve, caminando en ella.

El resto es historia conocida, pero lo menos divulgado es la sucesión de acontecimien-

tos, anteriores y posteriores al vuelo de la Zond, que terminarían por sellar la suerte del programa lunar tripulado soviético.

Ascenso y caída del programa lunar

El cohete insignia del programa lunar soviético fue el N1, un gigante de cinco etapas que rivalizaría con el conocido Saturno V en tamaño y poder. Fue concebido en el Taller de Diseño 1 (OKB-1) al frente del cual estaba el ingeniero Sergei Korolev, padre de la cosmonáutica soviética. Midió 105 metros de alto por 17 de diámetro en su base.

Originalmente fue pensado para enviar estaciones espaciales en órbita terrestre, pero el discurso del presidente estadounidense Kennedy, de mayo de 1961, que lanzó el desafío de poner un hombre en la Luna antes de que terminara la década, hizo que Korolev replanteara su uso para llevar cosmonautas a la Luna. Para ello debía incrementar su potencia ya que, luego de evaluar distintas formas de alunizar, se decantó por una similar a la de la NASA, llamada L3.

El programa L3 preveía un encuentro de dos vehículos en órbita lunar, ambos llevados por el cohete N1. Eso simplificaba los lanzamientos, pero aumentaba la demanda de energía para lanzar dos naves juntas. La respuesta al programa Apollo tomó el nombre oficial de N1-L3.

Una típica misión lunar soviética consistía en el lanzamiento, desde Baikonur, del cohete N1, en cuya cima estaría la nave orbitadora, llamada LOK (*Lunni Orbitalni Korabl* o nave orbitadora lunar). Allí irían dos cosmonautas, y debajo, un pequeño módulo lunar, llamado LK (*Lunni Korabl* o nave lunar), con capacidad para un solo cosmonauta, adosado a una etapa impul-

sora llamada Bloque D. La nave LOK era una Soyuz modificada, con una mayor potencia y autonomía, necesarias para realizar luego el viaje de regreso.

Durante el viaje de ida, el cosmonauta que caminaría en la Luna debería, mediante una actividad extravehicular, trasladarse desde el LOK al LK, ya que no había túnel interno de conexión, como sí hubo en el Apollo. Una vez hecho esto, el Bloque D, unido al módulo LK, se encendería para separarlo del LOK e iniciar su descenso en la Luna.

A sólo 2 km de altura, el Bloque D se separaría del módulo LK y se estrellaría en la Luna, mientras que el LK, en una muy ajustada maniobra, descendería suavemente con su único ocupante.

En una caminata de unas pocas horas, el cosmonauta tomaría muestras, instalaría algunos instrumentos científicos y, además, por supuesto, la bandera de la Unión Soviética en la superficie lunar.

El LK despegaría, de una forma similar al módulo lunar del Apollo, y se encontraría con la nave LOK en órbita lunar. El cosmonauta debería trasladarse, nuevamente por el exterior, con las muestras lunares al LOK. La nave lunar sería descartada y así emprenderían el viaje de regreso. Incrementar el poder del N1 para esta misión no sería fácil. El principal fabricante de motores era el taller OKB-456, dirigido por Valentín Glushkó, quien arrastraba un conflicto histórico con Korolev desde el gobierno de Stalin. Ambos habían sido arrestados, y Glushkó delató a Korolev, lo cual le provocó un exilio que casi le cuesta la vida. El destino hizo que Korolev trabajara luego bajo las órdenes de Glushkó. El resultado



Ria Novoski

Alexei Leonov, el cosmonauta con mayores posibilidades de haber sido el primer hombre en la Luna.

fue el cohete R-7, lanzador del Sputnik, diseñado por Korolev, pero con los motores de Glushkó.

Esta vez, la combinación no podría ser. Además del viejo encono entre ambos ingenieros, Glushkó se especializaba en motores hipergólicos¹, más simples y seguros a la hora de encenderlos. Pero Korolev prefería los de queroseno y oxígeno líquidos (similares a los del Saturno V), porque tenían mayor empuje.

Cansado de la disputa, Korolev buscó otro diseñador de motores: el taller OKB-276, de Nikolai Kuznetsov, que realizó motores de alta prestación. Pero al ser nuevo en tecnología espacial, los motores no tenían el poder de los creados en otros talleres. En consecuencia, la primera etapa del cohete N1 (denominada Bloque A) debió incorporar 30 de estos motores, lo que complicó su diseño previo.

Con todos estos problemas, el N1-L3 recién se oficializó en 1963, dos años más tarde que el programa Apollo. La respuesta

TsSKB - Progress



Un cohete N1 en la plataforma de lanzamiento de Baikonur.

al desafío de Kennedy fue tardía, mal concebida por los esfuerzos diseminados entre los distintos talleres y, por sobre todas las cosas, pobremente financiado. Cuando el gobierno de Kennedy impulsó su programa lunar, en la URSS fue Korolev quien tuvo que convencer al gobierno de Nikita Krushev de la importancia de un programa similar, para hacer frente a EE.UU. en el nuevo escenario que planteaba la Guerra Fría. Rusia no tendría una agencia espacial centralizada hasta 1992.

Sin dirección

Sin embargo, Krushev tenía como preferencia el taller OKB-52, de Vladimir Chelomei, por ser pionero en presentar un plan de sobrevuelo lunar tripulado, aunque sin descender. El llamado proyecto L1 contemplaba ese plan. Dentro de ese contexto se desarrolló el vuelo de la Zond 5, que tanto alarmó a EE.UU. y que terminó por dar el impacto final con el Apollo 8 y subsiguientes éxitos hasta llegar al Apollo 11, en julio de 1969. Para colmo, Krushev trasladó el programa de Korolev, N1-L3, a Chelomei; y ahora su taller tenía dos programas lunares inconexos. Lógicamente, la Unión Soviética estaba despilfarrando los pocos recursos que tenía por culpa de la errática dirección política.

El golpe final al programa lunar se dio en 1966, con la prematura muerte de Sergei Korolev, su gran impulsor. Su sucesor, Vasili Mishin, nunca estuvo a la altura del proyecto ni de su antecesor. De

muy poco sirvió la aparente ventaja que les había dado el accidente de Apollo 1, con la muerte de sus tres astronautas durante un entrenamiento, en 1967; o los éxitos de la Zond 5 y de las misiones Soyuz 4/5, en enero de 1969, donde dos cosmonautas ensayaron la maniobra de trasladarse de nave por medio de la actividad extravehicular, como debería haber sido en las misiones lunares.

A pesar de todo, en un último intento por alcanzar a los norteamericanos, la URSS lanzó cuatro cohetes N1 bajo la dirección de Mishin, entre 1969 y 1972, con los modelos de naves LOK y LK sin tripulantes en algunos casos. Pero todos ellos resultaron fracasos, porque explotaron en la plataforma de lanzamiento o a los pocos segundos de haber despegado.

Final para la Luna soviética

El programa lunar se canceló, oficialmente, en 1974, cuando se firmaron los documentos pertinentes a tal fin. La carrera a la Luna ya estaba perdida desde hacía tiempo.

El taller de diseño OKB-1 pasó a manos de Valentín Glushkó, quien ordenó desguazar todas las piezas que quedaron de los cohetes N1, y utilizó sus recursos para crear el poderoso cohete Energía, la estrella del futuro transbordador Buran. Curiosamente, utilizaba queroseno líquido, el combustible que promovía Korolev y que Glushkó rechazaba.

Desde entonces, los rusos negaron la existencia de un programa lunar tripulado, y durante muchos años se pensó que EE.UU. había competido solo. Pero con la creación de la agencia espacial rusa, en 1992, y su acercamiento a la NASA, el mundo occidental pudo ver, por fin, cómo hubieran sido los vehículos lunares que, a pesar todo, bien podrían haber llegado a la Luna.

Los eternos interrogantes que hoy quedan son, por ejemplo, qué nombre recordaríamos en la historia si los rusos hubieran llegado primero. Muy posiblemente hubiera sido Alexei Leonov,



Museo de la Cosmonáutica de Moscú

Traje ruso Krechet (halcón) para la superficie lunar.

quien hoy cuenta con 82 años. O qué curso hubiera tomado la historia mundial. Eso, tal vez, sea más difícil de ponderar.

De lo que sí podemos estar seguros es que el esfuerzo ruso por llegar a la Luna fue real, mucho más intenso de lo que se pensó durante años, y que la carrera a la Luna tuvo dos contendientes reales. La Rusia de hoy sigue con su potencial intacto para llegar a la Luna y a los planetas, si fuera necesario. Posiblemente, mediante alianzas con otras agencias espaciales, pero con el mismo espíritu del ingeniero Sergei Korolev siempre presente. ■



Leonov hoy, junto a Buzz Aldrin.



Cuentos para no dormir

Espectáculo de divulgación astronómica, para niños entre 3 y 9 años

En el Planetario no vale dormir. Vamos a descubrir planetas, nebulosas, galaxias, miles de estrellas en el cielo y a dibujar constelaciones. ¡Contaremos las más lindas historias bajo el cielo estrellado! Y no se olviden... El que se duerme... ¡pierde!



de la Tierra a las Galaxias

Espectáculo de divulgación astronómica
para público en general

El deseo de comprender el Universo bien puede ser la más antigua experiencia intelectual que tiene en común la humanidad.

Los invitamos a compartir un impresionante viaje a través del tiempo y el espacio que nos permitirá descubrir el Universo que la ciencia nos ha revelado.



www.planetario.gob.ar



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires