

I A A

INFORMACIÓN y ACTUALIDAD ASTRONÓMICA

<http://www.iaa.csic.es/revista.html>

JUNIO 2009, NÚMERO 28

SIDEREAE
quod magis mirabilis) Stel
nc vsque diē NEBVLOSA
PLEIADVM CONSTELLATIO.

2009

año de la
astronomía

CIENCIA EN LA GRECIA CLÁSICA

DARWIN Y LA ASTROFÍSICA

EL TELESCOPIO

HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

<http://www.iaa.es>

Director: Carlos Barceló. **Jefa de ediciones:** Silbia López de Lacalle. **Comité editorial:** Antxon Alberdi, Emilio J. García, Rafael Garrido, Javier Gorosabel, Rafael Morales, Olga Muñoz, Iván Agudo, Julio Rodríguez, Pablo Santos y Montserrat Villar. **Edición, diseño y maquetación:** Silbia López de Lacalle. **Imprime:** ELOPRINT S.L.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía
c/ Camino Bajo de Huétor 50, 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

Depósito legal: GR-605/2000
ISSN: 1576-5598

SUMARIO

REPORTAJES

Los orígenes de la Ciencia ...3

Darwin y la Astrofísica ...5

El gran ojo del astrónomo ...7

HISTORIAS DE ASTRONOMÍA. Algunos hitos históricos ...9

EL "MOBY DICK" DE... ...12

CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES. El telescopio ...13

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. Carta de Galileo a Cristina de Lorena ...14

ANTES Y DESPUÉS... EN IMÁGENES ...15

ACTUALIDAD ...26

ENTRE BASTIDORES ...30

ACTIVIDADES IAA ...31

2009:

una fiesta astronómica



En 1609 Galileo Galilei apuntó su telescopio por primera vez al cielo estrellado. En pocos meses, descubrió que Júpiter tiene satélites, que la Vía Láctea está formada por incontables estrellas y que la Luna tiene montañas. Aquellos estudios marcaron un antes y un

después en nuestra comprensión del Universo. Fue el comienzo de una extraordinaria historia de descubrimientos que continúa en nuestros días. En 2009 celebramos el cuarto centenario de aquel año revolucionario para la ciencia: este es el Año Internacional de la Astronomía (AIA-IYA2009).

El 2009 es una celebración global, una fiesta astronómica sin precedentes a la que todo el mundo está invitado. A través de la mayor red de divulgación jamás creada, hombres y mujeres profesionales de la investigación, de museos y planetarios, del mundo de la enseñanza y de los medios de comunicación, astrónomos aficionados y todos los amantes de la Astronomía, compartimos este año la pasión por descubrir el Universo y adentrarnos en sus misterios.

Con motivo de esta conmemoración, desde enero se han celebrado en España más de mil actividades de divulgación de la Astronomía. Esto no hubie-

ra sido posible sin la implicación (altruista en la mayoría de los casos), de cientos de astrónomos profesionales y aficionados de todo el país. En estos meses se han logrado muchas cosas: Hemos dado la vuelta al mundo en ochenta telescopios, participando en una iniciativa mundial en la que los investigadores nos han mostrado, a través de Internet, cómo se trabaja en los observatorios astronómicos profesionales. Profesores y alumnos de más de seiscientos centros escolares de toda España midieron el veintiséis de marzo el radio de la Tierra mediante una experiencia sencilla, adaptación de aquella que realizó por primera vez el sabio griego Eratóstenes en el siglo II aC. Cientos de astrónomos aficionados han salido a la calle con sus telescopios para celebrar dos fiestas de estrellas, una nacional y otra mundial, y mostrar al público las maravillas del cielo. Varios planetarios de España han unido recursos y experiencia para realizar un programa de planetario titulado *Evolución* que rinde homenaje a Darwin y Galileo y se mostrará en muchos planetarios de España durante el año. Unos 150 astrónomos profesionales han formado un gran equipo para escribir artículos, impartir charlas y participar en diferentes programas de divulgación en un afán por compartir los resultados de la investigación que se hace especial, pero no únicamente, en España.

Desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía estamos invirtiendo un esfuerzo importante para que el AIA-IYA2009 sea un éxito. Somos responsables de la coordinación nacional. Además, tenemos una participación importante (en algunos casos, los coordinamos) en diversos proyectos impulsados con motivo del AIA-IYA2009 y que tienen repercusión en todo el país. Aquí hemos creado y mantenemos el portal web del Año. Participamos en numerosas actividades impulsadas por otras entidades y organizamos nuestras propias actividades en el centro, como este número de la revista *IAA: Información y Actualidad Astronómica*, que dedicamos íntegramente al AIA-IYA2009. Publicamos numerosos artículos de divulgación y material didáctico, todo ello accesible de manera sencilla y gratuita a través de Internet. Un Año Internacional de la Astronomía ocurre sólo una vez. Es una oportunidad única que debemos aprovechar. Por todo ello, aprovecho estas líneas para agradecer a todos los miembros del centro que se han implicado de una manera o de otra para ayudar a conseguir que la Astronomía durante este año llegue a todos los rincones de España.

MONTSERRAT VILLAR (IAA)
COORDINADORA DEL AIA-IYA EN ESPAÑA

Los orígenes de la Ciencia

Hace veinticinco siglos los filósofos griegos empezaron a buscar respuestas racionales a los fenómenos físicos, tanto terrestres como celestes, lo que constituye el origen de la ciencia

Por Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)

Cuando uno empieza a hurgar en la historia de la ciencia encuentra cosas sorprendentes. Sabemos que fue Aristóteles quien, en el siglo IV aC, propuso una visión del Cosmos sembrada de errores, entre ellos situar la Tierra inmóvil en el centro del Universo. Y también sabemos que esa teoría se consolidó como dogma y lastró el desarrollo científico hasta el siglo diecisiete. Pero lo más sorprendente es descubrir que en la época de Aristóteles otros filósofos estaban formulando las bases para una teoría acertada, pero que no gozaron de la aceptación de sus contemporáneos.

Mileto: la cuna de la ciencia

Vamos hasta el siglo VI aC: vivía en Mileto, ciudad griega hoy perteneciente a Turquía, un filósofo llamado Tales que, aunque según Platón presentaba los atributos propios del sabio distraído que cae en un pozo por ir observando las estrellas, se negó a creer que todo lo que ocurría en la Tierra era obra de los dioses. Tales de Mileto, muy a contracorriente, aseguraba que había una sustancia "de la cual se generan las demás cosas, conservándose ella" y su empeño en buscar respuestas a los fenómenos naturales sin aludir a lo sobrenatural fue el germen de la ciencia y creó una corriente de pensamiento que siguieron sus discípulos, Anaximandro y Anaxímenes. Su idea básica consideraba la naturaleza como una entidad dinámica que evolucionaba de acuerdo a unas leyes que aún no se conocían del todo. Por ejemplo, Tales rechazó que los terremotos fueran provocados por la ira de Poseidón y propuso que se debían a que la tierra flotaba sobre un océano y que el oleaje provocaba movimientos en la tierra e incluso fracturas. Anaximandro, discípulo de Tales, tampoco se creía que fuera la ira de Zeus la que provocaba los rayos y sugirió que se producían porque

el viento rompía las nubes. También sugirió una teoría del origen de la vida sin la intervención divina, según la que las formas menores se creaban por la acción del Sol sobre la tierra húmeda y los seres humanos procedían de cierto tipo de pez. Los de Mileto intentaron también desentrañar el origen del Cosmos y la sustancia de la que están hechas las cosas:

la generación de nuevas ideas. Eso sí, la tendencia a observar la naturaleza en busca de respuestas se mezclaba sin fisuras con la filosofía, y sucedía que postulados muy juiciosos acompañaban a afirmaciones algo extravagantes. Por ejemplo, Epicuro, que aseguraba que todo se componía de partículas diminutas e indivisibles, los átomos (muy jui-

de dibujar la tierra sobre una tablilla" o, de modo más general, fue el primero en construir un modelo a escala con el que describir los fenómenos para facilitar su estudio.

En la misma época surgía en el Sur de Italia la escuela de Pitágoras, un filósofo y matemático cuyo teorema usamos todos en la escuela y cuyas ideas fueron el germen de disciplinas opuestas: de una visión esotérica de los números que llega hasta nuestros días y de los avances en aritmética y geometría de los siglos siguientes. Una de las aportaciones de la escuela pitagórica consis-



Tales sugirió que al principio sólo había agua, de modo que era el elemento fundamental. Anaximandro hablaba de un caos del que surgió el Universo, y Anaxímenes ofreció una versión sorprendentemente moderna: decía que la materia primera, que él llamaba aire, era ilimitada y que en sus formas más sutiles se convertía en fuego y viento, mientras que si se densificaba daba lugar a las nubes y, más densa aún, al agua, la tierra y las piedras.

Aunque algunos de estos postulados parezcan hoy algo inocentes, tienen una valentía y sensatez notables para ser los primeros que no recurrían a la voluntad de los dioses y asfaltaron el camino para

cioso), añadía que "el alma también está compuesta de átomos, pero átomos más sutiles que los que forman el cuerpo".

Primeras aproximaciones

Aunque los de Mileto aún pensaban que la Tierra era plana, Anaximandro fue el primero en sostener que se hallaba suspendida en el espacio. "La Tierra tiene la figura de un cilindro, cuya altura es un tercio de su anchura", afirmaba, y añadía que se hallaba en reposo y en el centro, que el resto de objetos giraban en torno a ella y que las estrellas eran ruedas de fuego. Aunque quizá la gran aportación de Anaximandro consiste en que fue el primero en "concebir la idea

de descubrir que la Tierra era esférica y, aunque hoy día se desconoce cómo lo descubrieron, los tratados de Aristóteles remiten a un hecho que puede resultarnos familiar: los eclipses lunares. Estos fenómenos suceden cuando la sombra de la Tierra se proyecta sobre la Luna, momento en el que puede observarse claramente un perfil circular que sólo puede explicarse si la Tierra es una esfera.

En la búsqueda de grandes aportaciones nos encontramos con Anaxágoras (siglo V aC), que presentaba ese espíritu racionalista de la escuela de Mileto y abordó tanto las propiedades físicas del aire como de los cuerpos celestes - "es

el Sol el que le proporciona a la Luna su brillo”, o el modo en que los alimentos se convierten en músculos, huesos y piel en los seres vivos (una vez se decide no explicar los fenómenos naturales con los rirrafes de los dioses había que preguntárselo absolutamente todo). Sobre el Universo decía que “el Sol, la Luna y todas las estrellas son piedras en llamas transportadas en círculo por la revolución del éter”, lo que es importante porque propone un modelo mecánico sencillo para explicar algo complejo, el movimiento de los astros, lo que entronca con la recién creada tradición científica. Y, además, porque no distingue los fenómenos celestes de los terrestres: los cuerpos celestes no son más que piedras inflamadas, siendo “el Sol mayor que el Peloponeso”. Se cuenta que cuando le preguntaron sobre el sentido de la vida él respondió que “investigar el Sol, la Luna y los cielos”, y su afán le valió una condena a prisión por impío al negar las cualidades míticas de los astros y reducirlos a piedras. Anaxágoras también pasó a la historia por ser pionero en comprobar que es la debilidad de nuestros sentidos la que nos impide conocer la verdad, y lo mostró de forma sencilla: nadie consigue distinguir el cam-

Se ignoraron incluso pruebas de que los cielos sí cambiaban, como apunta un tratado de Plinio sobre Hiparco

bio en un color cuando se le añade otra gota a gota.

Vuelta a la divinidad

La tendencia racional de estas escuelas y filósofos (y de muchos otros que no nos caben) halló un importante escollo que surgió de observar el movimiento cíclico de los astros: la periodicidad y el movimiento perpetuo de las fases de la Luna, los cambios de estación o los ciclos de día y noche contrastaban con la irregular vida en la tierra. Esto constituyó la simiente para una fascinación religiosa que dotaba a los cuerpos celestes de carácter divino, de alma y de inteligencia, que halló en Platón (siglo IV aC) uno de sus mayores defensores. “Cuando tú y yo tratamos de probar la existencia de dioses señalando a esos mismos objetos (el Sol, la Luna, las estrellas y la Tierra) como ejemplos de deidad



Esfera armillar, instrumento utilizado por los astrónomos griegos para medir las posiciones de los astros.

y divinidad, la gente que ha sido convertida por esos científicos afirmará que tales cosas son simplemente tierra y roca, incapaces de ocuparse de los asuntos humanos”, escribía Platón refiriéndose a las opiniones de Anaxágoras, convencido de que la precisión del movimiento de los astros era prueba de su carácter divino. Sin embargo, fue su discípulo, Aristóteles, quien proporcionó a esta teoría una base física más amplia y fijó de forma definitiva la separación entre cielo y tierra.

A este respecto, resulta curioso cómo se tomaban, ampliaban o reinterpretaban los saberes de filósofos anteriores, y he aquí un ejemplo: Eudoxo de Cnido, influido por Platón, fue quien ideó la famosa teoría de las esferas concéntricas donde se alojaban los cuerpos celestes y que, con la Tierra en el centro, giraban a velocidades constantes (y coordinadas para que el movimiento coincidiera con lo que se observaba en el cielo). Pero mientras Eudoxo concibió esas esferas como una herramienta matemática, Aristóteles, al retomar la teoría, las convirtió en esferas materiales, hechas de la misma sustancia que los cuerpos celestes. Las esferas de Eudoxo eran un esquema geométrico que plasmaba el complejo movimiento de los planetas, y no tenía que haber unión entre ellas porque, sencillamente, no existían. En cambio, Aristóteles, al transformarlas en algo real, tuvo que añadir veintidós esferas más para esta-

blecer uniones entre ellas.

Aristóteles, igual que antes Platón y Sócrates, despreciaba las causas físicas y pensaba que todo estaba organizado según un plan previo. O, como lo expuso Platón, los hombres explicaban los fenómenos con causas físicas sin darse cuenta de que hay una fuerza que las dispone “del mejor modo posible”. Esta idea armonizaba con el culto a los astros de la era griega y de sus ideales de belleza, perfección y orden, así como siglos después lo hizo con el pensamiento cristiano.

Aristóteles, al retomar la teoría de las esferas celestes, que surgieron como un esquema geométrico, las convirtió en esferas materiales

Lo que quedó atrás

De todos los conceptos de Universo propuestos y heredados de los filósofos griegos, pervivió el de Aristóteles, uno de los menos científicos, que se resumía en la diferencia entre el mundo sublunar y supralunar. Imperfecto y dominado por el azar el primero, se componía de los elementos agua, tierra, fuego y aire. Como la tierra era el más pesado, su lugar natural era inmóvil en el centro del Cosmos. Alrededor de ese centro giraban los astros, pertenecientes al mundo supralunar, en sus esferas de éter (el quinto elemento), circulares y perfectas. Todo ello diseñado según un

plan y ajeno a causas físicas.

Había numerosas teorías alternativas, como la de la escuela de Mileto o la Pitagórica ya mencionadas, u otras que hubieran adelantado considerablemente el saber astronómico. Por ejemplo la de Heráclides de Ponto (siglo IV aC), que proponía que, aparte de la Tierra, nada se movía en el Universo y que, como la Tierra giraba sobre su eje a gran velocidad, daba la impresión de que eran los cielos los que se movían. O la de Epicuro, que trató de poner en duda la supuesta absoluta regularidad de los astros y mantenía que en la Tierra no reinaba el azar, sino las leyes de causa y efecto. O la de Aristarco de Samos, primer astrónomo griego que propuso que la Tierra giraba alrededor del Sol mientras rota sobre su propio eje y que no sólo careció de seguidores, sino que obtuvo una acusación de blasfemia similar a la de Anaxágoras, pero agravada por la firmeza con la que estaban asentadas las ideas de Aristóteles. O la de Teofrasto, un discípulo de Aristóteles que puso en duda que las esferas celestes tuvieran un carácter divino y que todo tuviera un propósito definido. Se ignoraron incluso pruebas de que los cielos sí cambiaban, como apunta un tratado de Plinio sobre Hiparco, astrónomo y matemático del siglo II aC: “Hiparco nunca será alabado en demasía... descubrió una nueva estrella aparecida en su tiempo. [...] Hizo algo que resultaría admirable incluso en un dios, contó las estrellas y constelaciones para las futuras generaciones y

les dio a todas nombres. [...] Asignó una posición y tamaño a cada estrella y como resultado de ello es fácil distinguir no sólo si las estrellas están muriendo o naciendo, sino además si se mueven de su lugar y si su luz está aumentando o decreciendo”. Parece ser que incluso Platón mantenía una opinión que no casaba con la teoría Aristotélica, ya que consideraba la rotación de una esfera sobre su eje el más perfecto de los movimientos, y que ese movimiento era universal y común a todas las estrellas. Pero tuvieron que transcurrir muchos siglos hasta que el espíritu científico volviera a surgir.

Darwin y la Astrofísica

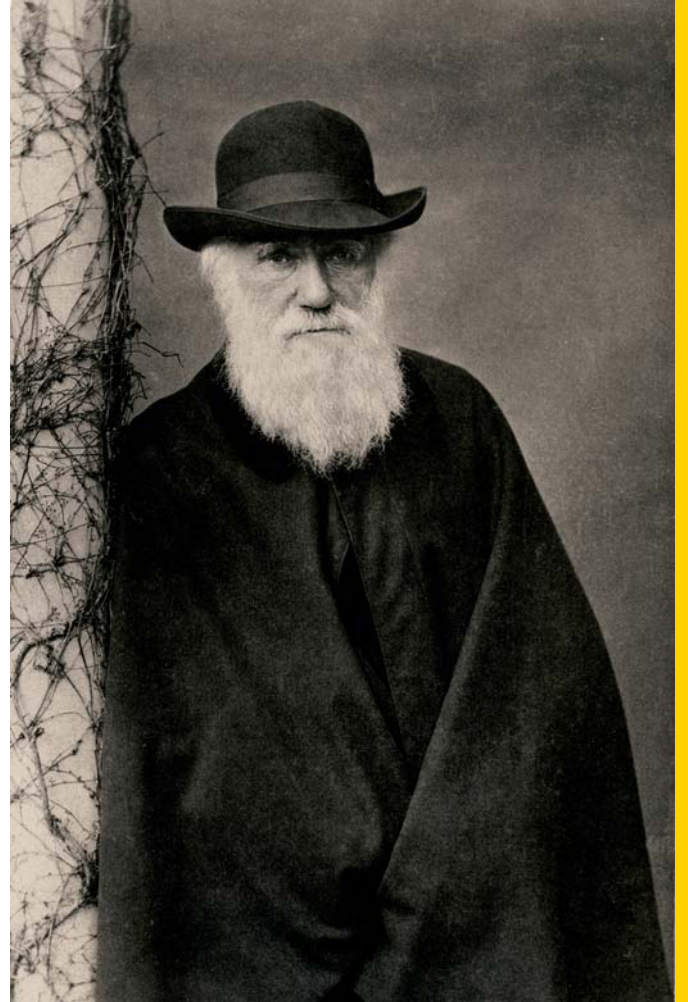
En 2009 coinciden dos celebraciones científicas a las que hemos querido buscar un nexo de unión
Por Antonio Claret (IAA-CSIC)

El año 2009, como todos saben, tiene un significado especial para la Ciencia. Se conmemoran los cuatrocientos años desde que Galileo utilizó por primera vez el telescopio con fines astronómicos, y también los doscientos años del nacimiento de Charles Darwin y ciento cincuenta desde la publicación de *El origen de las especies*. Así que sería interesante buscar algún eslabón entre estas fechas tan significativas. Una relación Darwin-Astrofísica sería la ideal. Pero, ¿existe? Vayamos por partes. Muchas personas se habrán preguntado a lo largo del tiempo cómo Darwin llegó a la formulación de su teoría de la evolución. Siento que, para algunos, lo que voy a contar suene como una abrupta rotura de la romántica imagen del científico solitario pensan-

do sobre un determinado asunto. La teoría de la evolución estaba ya en el aire y no fue, ni mucho menos, un conejo sacado de la chistera victoriana de Darwin. Las nuevas ideas circulaban entre los medios académicos siendo uno de sus abanderados el Caballero de Lamarck cuya teoría, basada en la ley del uso y del desuso, ya tenía sus seguidores y detractores. Tal teoría, sin embargo, diferenciaba claramente de la de Darwin por el mecanismo evocado que conllevaría a la evolución de las especies.

Un antepasado evolucionista

Pero Darwin también tuvo un ejemplo familiar en lo que a la evolución de las especies se refiere. Se trata de su propio abuelo, Erasmus Darwin, un reconocido evolucionista que estaba considerado como una de las eminencias en botánica y agricultura de su época. Para él la naturaleza tendía a la complejidad y a la perfección, y la mutabilidad de las especies era un hecho evidente. Dicen de Erasmus que tenía tanta capacidad que escribía algunos de sus artículos en... ¡verso! Para reforzar el punto de vista de que las ideas evolucionistas ya revoloteaban en el aire, Alfred Wallace presentó una teoría muy parecida a la de Charles Darwin -basada en selección natural- conjuntamente con este durante el año 1858 en la *Linnean Society*. Sin embargo, las observaciones de Darwin durante su viaje en el *Beagle*, sus experimentos con la selección artificial, la aplicación del principio de Malthus a la Biología o las largas horas de reflexión hacen con que su mérito sea innegable. Lo que le pasó a su teoría de la evolución fue lo que suele pasar a todo proceso científico: teorías y observaciones anteriores allanan el camino para posteriores investigadores.

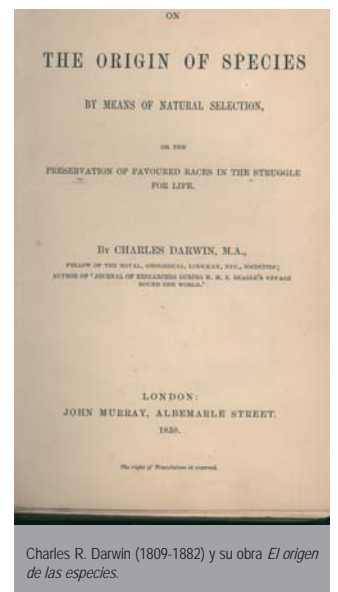


La orquídea *Cypripedium* (segunda parte de *The Botanic Garden* de Erasmus Darwin).

to sea innegable. Lo que le pasó a su teoría de la evolución fue lo que suele pasar a todo proceso científico: teorías y observaciones anteriores allanan el camino para posteriores investigadores.

Relaciones cruzadas

Dejemos por ahora la Biología y vayamos a buscar alguna relación de Charles Darwin con la Astrofísica. Nuevamente encontramos una relación en su propia familia. Se trata de su segundo hijo, George Darwin. Este fue un insigne astrofísico por méritos propios. Entre los campos que trabajó destacan: la evolución (parece ser una característica de la familia) del sistema Tierra-Luna-Sol, la teoría de los cuerpos en rotación y la teoría de las mareas. Para hacernos una idea



Charles R. Darwin (1809-1882) y su obra *El origen de las especies*.

de la influencia de sus trabajos, hasta hoy se utilizan muchas de sus ecuaciones aunque no sean muchos



George Darwin (1845-1912).

los que reconocen el parentesco del autor con el Darwin biólogo. Pero lo que de verdad me sorprendió en la supuesta relación entre

...y hasta la superficie de las nieves perpetuas, todo sustenta seres orgánicos.

Charles Darwin

Darwin y la Astrofísica fue la lectura, hace unos diez años, de una obra suya: *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo*, publicada en 1845. En uno de los pasajes topé con algo que relacionaba muy íntimamente a Darwin con la Astrofísica más moderna, en una de sus ramas más recientes, la Astrobiología. Concretamente, la relación viene de la detección y observación por parte de Darwin de unos extremófilos. Estos organismos son, grosso modo, seres que viven en condiciones extremas tales como medios muy ácidos o salinos o en temperaturas muy altas como aquellas encontradas, por ejemplo, en las fuentes termales. El interés de estos organismos para la Astrobiología viene por su supuesta relación con la vida extraterrestre. El pasaje se refiere a una visita que rea-

lizó a un gran lago salino. En sus propias palabras:

“ 24 de julio de 1833
(De Río Negro a Bahía Blanca)

Un día fui a caballo a un gran lago salado o Salina, que dista del pueblo unos 24 kilómetros. Durante el invierno esta salina es un gran charco de salmuera, que en verano se convierte en un gran campo de sal blanca como la nieve. La capa inmediata a las márgenes tiene un espesor de 10 ó 13 centímetros, pero aumenta hacia el centro. Hay otros en las inmediaciones mucho mayores y con un piso de sal de seis a nueve centímetros de grueso, aun estando cubierto de agua en invierno... Las márgenes del lago están formadas de légame y en él se hallan sepultados numerosos y grandes cristales de yeso, algunos de los cuales tienen siete centímetros de largo, mientras en la superficie yacen esparcidos otros de sulfato de sodio... El cieno es negruzco y tiene un olor fétido. Al principio no pude dar con la causa de ello; pero después observé que la espuma, arrastrada por las márgenes, estaba coloreada de verde, como si contuviera conservas. Intenté llevar a casa una porción de esta materia verde, pero un accidente imprevisto malogró mi propósito. Algunas par-



Extremófilos hallados en Río Tinto (arriba).

tes del lago, vista a corta distancia, aparecían de color rojizo, lo cual se debía quizá a ciertos infusorios. El cieno aparecía levantado en muchos sitios por una multitud de gusanos anélidos. ¡Cuán sorprendente es que haya animales capaces de vivir en la salmuera y que anden arrastrándose entre cristales de sulfato de sodio y cal! Y ¿qué es de estos gusanos cuando durante el largo verano se endurece la superficie convirtiéndose en una sólida capa de sal?... ¡Bien podemos afirmar que todas las partes del mundo son habitables! Lagos de salmuera o lagos subterráneos ocultos bajo de montañas volcánicas, fuentes de aguas minerales, las anchurosas y profundas extensiones del océano, las regiones superiores de la atmósfera y hasta la superficie de las nieves

perpetuas, todo sustenta seres orgánicos. ”

Por este motivo, podemos considerar a C. Darwin como uno de los padres del estudio de los organismos extremófilos. ¡Que moderno y vanguardista resulta todavía Darwin! Por eso, me causa cierto rubor el que algunos astrobiólogos no hagan de este hecho tan importante un punto más a favor de Darwin y que no reconozcan su contribución.

Una conexión más sutil viene de la comparación (obviamente cualitativa) de los trabajos de Copérnico con los de Darwin. Veamos eso un poco más detenidamente. Si las investigaciones de Copérnico desplazaron la Tierra del centro del Universo, el libro de Darwin sacó al hombre de la cumbre de la creación. En ambos casos, estos científicos supieron ubicar la Tierra y el hombre en un rincón secundario.

El gran ojo del astrónomo

Desde su invención hace unos cuatro siglos, la evolución de los telescopios ha sido imparable y aún depara muchas sorpresas

Por Luis Costillo (IAA-CSIC)

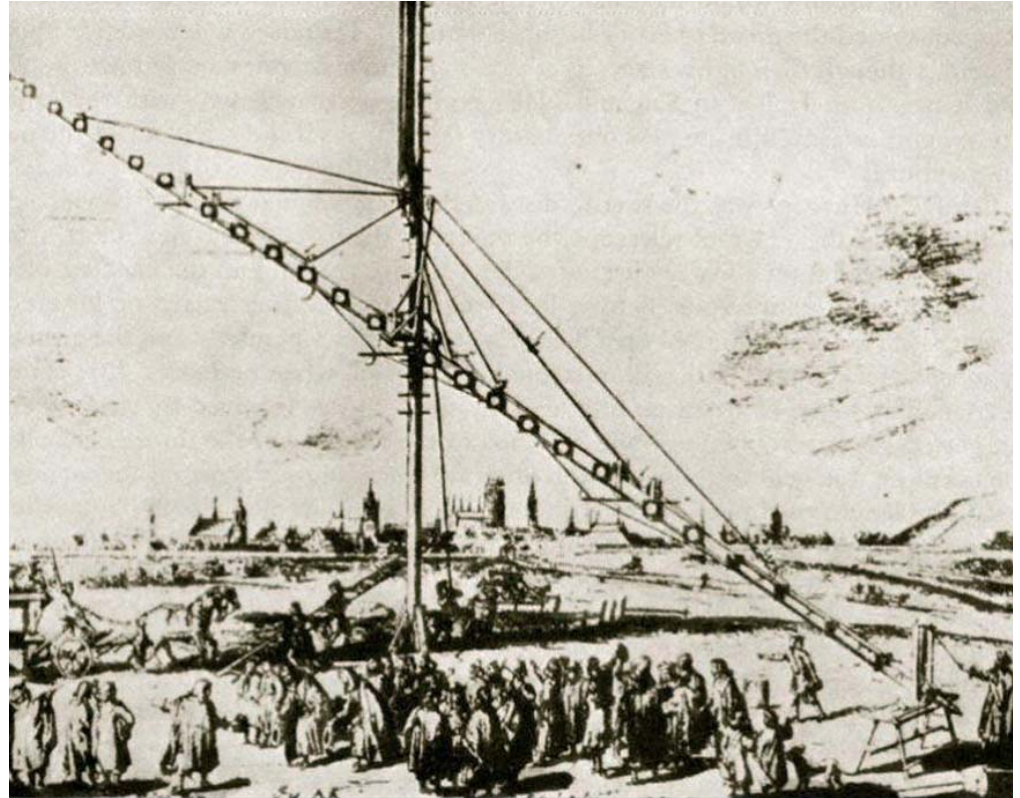
Desde el Observatorio de Sierra Nevada (OSN), el cielo al Oeste aparece rojo con nubes ligeras, muy bajas y alejadas. Es hora de abrir las cúpulas. Las seis cúpulas se ponen en marcha y dejan al descubierto los telescopios, dando comienzo una noche de observación que se prolongará hasta el amanecer.

Los primeros telescopios

Todo comenzó en el año 1200, cuando Roger Bacon consiguió tallar la primera lente con forma de lenteja, utilizada noventa años después en las primeras gafas para miopes. Aunque varios autores se disputan el invento del telescopio, el primero en solicitar la patente fue el holandés Hans Lippershey, que construyó su primer telescopio hacia 1608, basado en lentes. Galileo, que oyó hablar del instrumento, construyó el suyo según le habían contado y con él descubrió los satélites de Júpiter, los cráteres de la Luna y los anillos de Saturno.

El astrónomo Johannes Kepler pidió a Galileo un ejemplar de su pequeño libro *Sidereus nuncius* (*El mensajero de las estrellas*), de sólo veinticuatro páginas, en el que describe sus observaciones astronómicas con el telescopio. Y aunque Galileo ni siquiera le contestó, Kepler pudo hacerse con el ejemplar y construir en 1611 un telescopio mejor que el de Galileo, pues conseguía enderezar la imagen al añadir una tercera lente convexa.

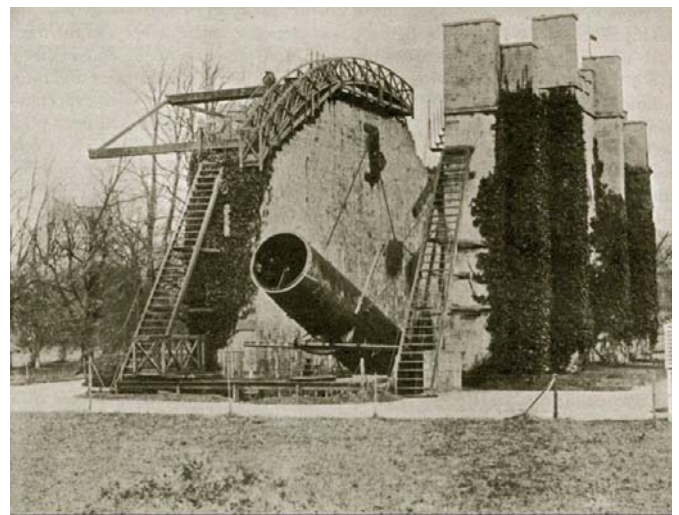
Estos telescopios refractores (de lentes), siguieron desarrollándose a pesar de su "aberración cromática",



El telescopio refractor de J. Helvelius (1670), de 42 metros de largo. Fuente: King H.C (1995).

un defecto que consiste en una coloración anormal de los bordes del objeto que se observa. Precisamente para corregir esta aberración Newton construyó el primer telescopio reflector, que no tenía aberración cromática pero sí otros dos problemas: la aberración esférica, consecuencia de usar un espejo esférico, y la reducida luminosidad, producto de la elaboración del espejo a partir de metales pulidos. Todo ello provocó que los telescopios reflectores se desarrollaran poco, dejando el campo libre a los refractores durante muchos años.

Estos últimos intentaron minimizar la aberración cromática disminuyendo la curvatura de las lentes (menos convergentes), lo que provocaba un aumento de la longitud del instrumento. Así, a partir de 1640 los telescopios se hicieron más y más largos: desde el telescopio de Galileo, que medía algo más de metro y medio, pasaron a medir cua-

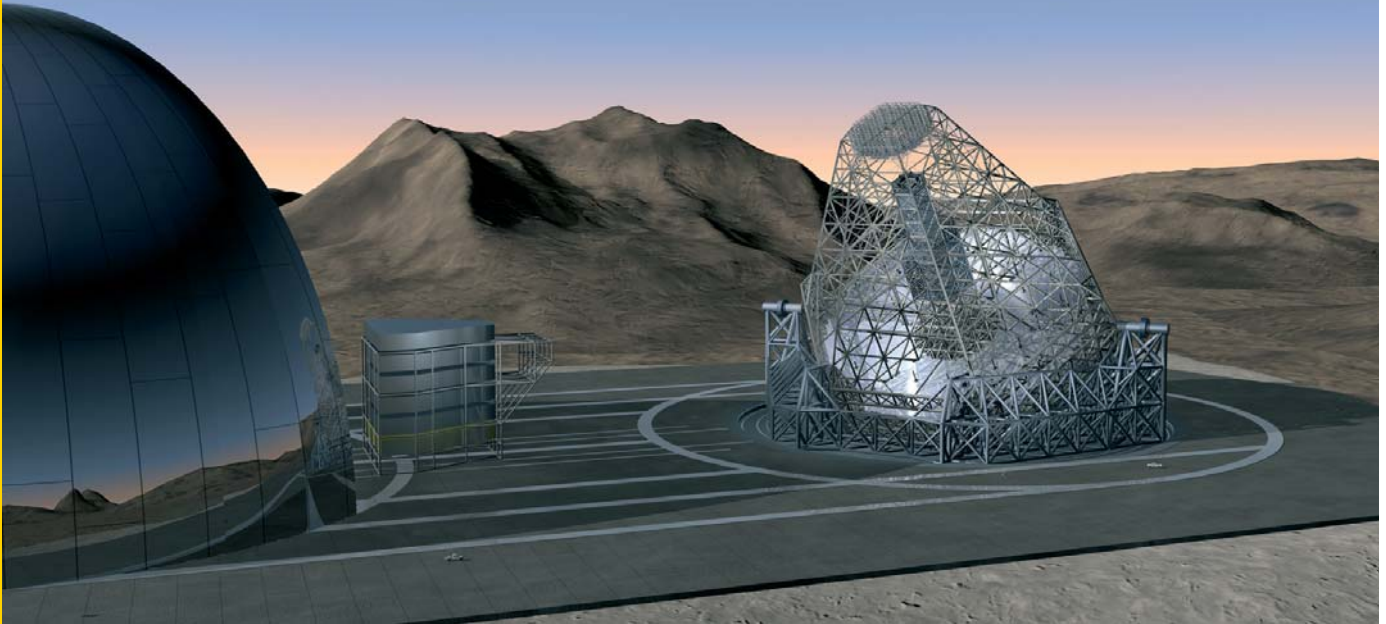


Leviatán. El telescopio reflector de 183 centímetros construido por Lord Rosse en 1845. Fuente: King H.C (1995).

La confección de espejos a partir de vidrio recubierto de plata facilitó el desarrollo de los reflectores

tro, cinco y seis metros, como el de Huygens (construido en 1656) de siete metros y cien aumentos. Y así siguió la carrera hasta 1670, año en el que J. Helvelius fabricó un telescopio de cuarenta y dos metros de largo. A pesar de las mejoras,

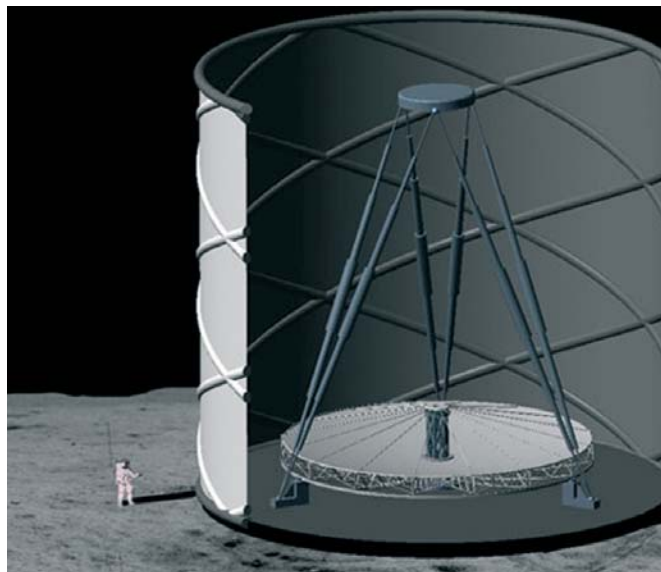
OWL. El telescopio de 100 metros que entrará en funcionamiento en el 2024 Fuente: ESO.



estos interminables telescopios se mostraron inútiles, pues su poca resistencia al viento hacía difícil, si no imposible, mantener las lentes alineadas.

Hegemonía de los reflectores

Tras el telescopio de Newton, los reflectores se desarrollaron poco debido a la falta de luminosidad. Pero con la confección de espejos a partir de vidrio recubierto de plata, los telescopios reflectores fueron adquiriendo más protagonismo, en parte porque su fabricación no requería la gran perfección óptica necesaria en la elaboración de las lentes de los refractores. No obstante, ambos tipos predominaron alternativamente desde 1608 hasta 1950, momento en que la construcción del telescopio Hale (Monte Palomar, EEUU) establece finalmente la hegemonía de los reflectores. El Hale, con sus cinco metros de diámetro, ostentó el récord de tamaño hasta 1976, año en que se construye el telescopio de seis metros soviético BTA. Este, a su vez, cedió el puesto en 1993 al primero de los Keck, un par de telescopios gemelos situados en Hawái que, con sus casi diez metros de apertura, fueron los mayores del mundo durante más de una década. Tras ellos, ya en el siglo XXI se han construido telescopios de diez



Concepción artística de un futuro telescopio en la Luna. Fuente: Univ. Arizona.

No parece muy aventurado suponer un telescopio líquido de veinte metros en el cráter lunar

metros como el LBT (Arizona) y el Gran Telescopio Canarias (La Palma), o de once metros como el SALT (Sudáfrica).

Los telescopios modernos

Uno de los mayores problemas de la observación astronómica es la

absorción de la luz por la atmósfera terrestre, especialmente del infrarrojo, que es absorbido por el vapor de agua. Para superar este obstáculo se han situado telescopios en el espacio, como el Hubble, que lleva ya casi veinte años en activo, o el Spitzer, lanzado en 2003. En este momento se encuentra en proceso de construcción el telescopio espacial JWST de 6,5 metros, que se prevé lanzar en 2017. Pero el mayor esfuerzo actual se dirige al aumento del tamaño de los telescopios terrestres y a la mejora de sus capacidades. Así, se encuentran en diferentes fases de diseño o construcción telescopios como el GMT de

veintiún metros, el TMT de treinta, el Euro-50 de cincuenta, el E-ELT (ESO) de entre cuarenta y sesenta metros, o el enorme OWL de cien metros de apertura. En otros casos se mejoran las capacidades: por ejemplo, para el estudio de explosiones de rayos gamma (GRBs) o la detección de objetos cercanos a la Tierra (NEOs) se construyen telescopios robóticos, que realizan la observación de manera totalmente autónoma: eligen el objeto a observar en función de las condiciones atmosféricas y de observación, abren la cúpula, apuntan el telescopio y realizan la adquisición de datos.

Y más adelante, hacia 2035, quizá sea posible colocar un telescopio en la Luna. En la actualidad se estudia su ubicación en el cráter Shackleton, en el polo sur lunar, donde nunca llega el Sol y cuya baja temperatura evitaría la necesidad de enfriar la instrumentación. Además, en el borde del cráter hay zonas bañadas por el Sol durante todo el año, las cuales podrían aprovecharse para recoger energía. Y, finalmente, parece bastante probable que haya agua en su interior. Aunque sería necesario crear una base espacial en el propio cráter, no parece muy aventurado suponer un telescopio líquido de veinte metros en el cráter lunar.



LA ANTIGÜEDAD

4000 A.C. BABILONIA

EL INTERÉS ASTRONÓMICO DE ESTE PUEBLO OBEDECÍA A LAS NECESIDADES QUE PLANTEABA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA. COMO EL CULTIVO DE CEREALES EXIGÍA UN CONOCIMIENTO DE LA ALTERNANCIA DE LAS ESTACIONES, ESTABLECIERON EL DÍA DE 24 HORAS Y LOS MESES DE 30 DÍAS COMO MEDIDA TEMPORAL. TAMBIÉN CONSTRUYERON UN CALENDARIO LUNAR Y CALCULARON LA PERIODICIDAD DE LOS ECLIPSES.



Tabla babilónica con registro de información astronómica. Data del 550 aC aprox.

S. IV-I A.C. GRECIA

LOS GRIEGOS FUNDARON LA ASTRONOMÍA OCCIDENTAL AL INTENTAR EXPLICAR LOS FENÓMENOS NATURALES SIN ATRIBUIRLOS A CAUSAS SOBRENATURALES. ARISTÓTELES (384-322 AC) ELABORÓ UNA TEORÍA GEOCÉNTRICA QUE DOMINÓ EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO DURANTE 1800 AÑOS: LA TIERRA SE ENCONTRABA EN EL CENTRO DEL UNIVERSO Y EL SOL, LA LUNA, LOS PLANETAS Y LA ESFERA DE ESTRELLAS FIJAS SE MOVÍAN ALREDEDOR DE ELLA.

PTOLOMEO (85-165 AC) COMPILÓ EL SABER ASTRONÓMICO DE SU ÉPOCA EN EL *ALMAGESTO*. ESTU-

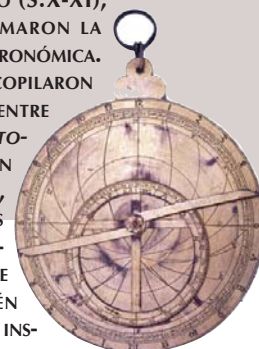


DIÓ EL MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS Y ELABORÓ UN SISTEMA DONDE LA TIERRA, SITUADA CERCA DE UN CENTRO COMÚN, ESTABA RODEADA POR CÍRCULOS QUE DIBUJABAN LA TRAYECTORIA DE LOS SEIS ASTROS CONOCIDOS.

Universo de Ptolomeo.

S.XI ASTRONOMÍA ÁRABE

MIENTRAS OCCIDENTE SUFRÍA LA FASE DE OSCURANTISMO (S.X-XI), LOS ÁRABES RETOMARON LA INVESTIGACIÓN ASTRONÓMICA. TRADUJERON Y RECOPIARON TEXTOS CLÁSICOS -ENTRE ELLOS EL *ALMAGESTO*- Y CATALOGARON MUCHAS ESTRELLAS, ALGUNAS DE LAS QUE AÚN CONSERVAN SU NOMBRE ORIGINAL. TAMBIÉN DESARROLLARON LA INSTRUMENTACIÓN, CON INVENTOS COMO EL ASTROLABIO (EN LA IMAGEN).



EL RENACIMIENTO

1473-1543 COPÉRNICO

CONVENCIDO DE LA INEXACTITUD DEL SISTEMA GEOCÉNTRICO, NICOLÁS COPÉRNICO COMENZÓ A DESARROLLAR UNA TEORÍA DONDE EL SOL OCUPABA EL CENTRO DEL UNIVERSO Y QUE QUEDARÍA PLASMADA EN SU OBRA «*DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM COELESTIUM*».



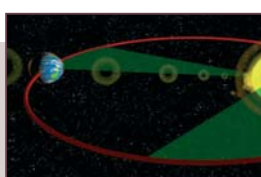
1546-1601 T. BRAHE

EN 1572, TYCHO BRAHE OBSERVÓ UNA NUEVA ESTRELLA EN LA CONSTELACIÓN DE CASIOPEA. ESTE DESCUBRIMIENTO, QUE HOY SABEMOS ERA UNA SUPERNOVA, O LA EXPLOSIÓN DE UNA ESTRELLA MORIBUNDA, MINÓ LAS TEORÍAS DE ARISTÓTELES DE UN UNIVERSO SIN CAMBIOS.



Uraniborg, observatorio construido por Brahe.

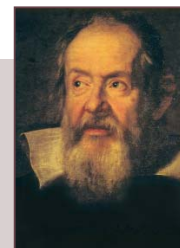
1571-1630 J. KEPLER



EMPLEANDO LAS OBSERVACIONES DE BRAHE, JOHANNES KEPLER PUBLICÓ «*ASTRONOMÍA NOVA*» (1609), DONDE PROPONÍA LA ROTACIÓN DE LOS PLANETAS SIGUIENDO ÓRBITAS ELÍPTICAS. SUS LEYES PERMITIERON PREDECIR LA POSICIÓN DE LOS PLANETAS.

1564-1642 GALILEO GALILEI

EN 1609 COMENZÓ A UTILIZAR EL TELESCOPIO PARA OBSERVACIONES ASTRONÓMICAS, GRACIAS AL QUE DESCUBRIÓ LAS MANCHAS SOLARES Y LOS CRÁTERES LUNARES. OBSERVÓ LAS LUNAS DE JÚPITER Y LAS FASES DE VENUS, AMBAS INCOMPATIBLES CON EL MODELO GEOCÉNTRICO QUE LA IGLESIA DEFENDÍA. CONSIDERADO EL PADRE DE LAS CIENCIAS MODERNAS POR BASAR SUS IDEAS EN EXPERIMENTOS, FUE JUZGADO Y CONDENADO DE POR VIDA BAJO ARRESTO DOMICILIARIO POR DISENTIR DE LA OPINIÓN ECLESIASTICA.



ASTRONOMÍA MODERNA

1643-1727 ISAAC NEWTON

ANTES DE LOS 25 AÑOS YA HABÍA DESARROLLADO AVANCES REVOLUCIONARIOS EN MATEMÁTICAS, ÓPTICA, FÍSICA Y ASTRONOMÍA, PERO LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL CONSTITUYÓ SU GRAN LOGRO. NEWTON INTRODUJO UNA APROXIMACIÓN MATEMÁTICA A LOS MOVIMIENTOS DE LOS ASTROS Y POSTULÓ QUE LA GRAVEDAD ES LA FUERZA QUE MANTIENE A LOS PLANETAS EN ÓRBITA Y QUE DISMINUYE CON LA DISTANCIA. EXPUSO SUS LEYES EN SU OBRA «*PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA*». TAMBIÉN CREÓ LOS TELESCOPIOS REFLECTORES.

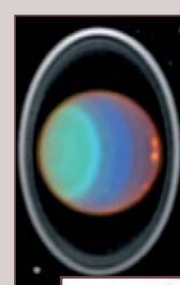


1656-1743 EDMOND HALLEY

ESTUDIÓ LAS ÓRBITAS DE LOS COMETAS Y PREDIJO, UTILIZANDO LAS LEYES DE NEWTON, QUE EL COMETA VISTO EN 1531, 1607 Y 1682 REAPARECERÍA EN 1758. AL CONFIRMARSE LA PREDICCIÓN, EL COMETA FUE NOMBRADO EN SU HONOR. TAMBIÉN COMPARÓ LA POSICIÓN DE LAS ESTRELLAS CON EL CATÁLOGO DE PTOLOMEO Y CONCLUYÓ QUE DEBÍAN TENER MOVIMIENTO PROPIO, LO QUE DETECTÓ EN TRES DE ELLAS.



1738-1822 WILLIAM HERSCHEL

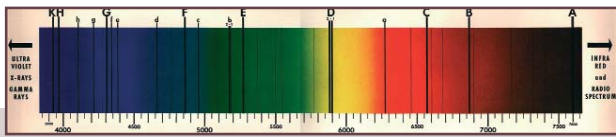


CONSTRUCTOR DE GRANDES TELESCOPIOS REFLECTORES, DESCUBRIÓ EL PLANETA URANO EN 1782. INCREMENTÓ EL CATÁLOGO DE NEBULOSAS DE 100 A 2500 Y DESCUBRIÓ LAS ESTRELLAS BINARIAS QUE, ENLAZADAS POR SU FUERZA DE GRAVEDAD, ROTAN ALREDEDOR DE UN CENTRO COMÚN.



ASTRONOMÍA MODERNA

1787-1826 JOSEPH VON FRAUNHOFER



INTRODUJO EL USO DEL ESPECTRÓGRAFO. ESTE INSTRUMENTO DESCOMPONE LA LUZ EN COLORES DE FORMA TAN FINA QUE SE OBSERVA ENTRELAZADO CON MULTITUD DE LÍNEAS NEGRAS, CORRESPONDIENTES A LOS ELEMENTOS QUÍMICOS QUE FORMAN EL OBJETO. ESTAS LÍNEAS -DENOMINADAS LÍNEAS DE FRAUNHOFER-, SE VEN AFEC-

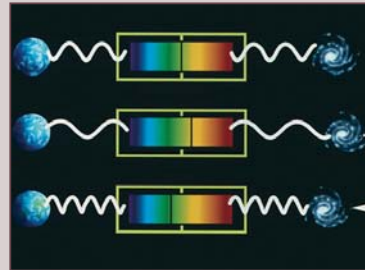
Espectro del Sol

TADAS POR LA TEMPERATURA, EL MAGNETISMO Y OTRAS PROPIEDADES DE LA MATERIA, Y PERMITIERON EL ESTUDIO A LARGA DISTANCIA DE LA COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS OBJETOS CELESTES, LO QUE A SU VEZ DIO LUGAR AL NACIMIENTO DE LA ASTROFÍSICA.

1842 EL EFECTO DOPPLER

CHRISTIAN DOPPLER ESTABLECE QUE LA FRECUENCIA DEL SONIDO DEPENDE DE LA VELOCIDAD RELATIVA ENTRE EL EMISOR Y EL RECEPTOR. AL IGUAL QUE

UNA SIRENA DE POLICÍA NOS LLEGA CON UN TONO MÁS AGUDO AL ACERCARSE Y UN TONO MÁS GRAVE AL ALEJARSE, LA LUZ SE TORNA DE COLOR AZUL CUANDO LA FUENTE SE ACERCA Y DE COLOR ROJO CUANDO SE ALEJA. ESTO PERMITE A LOS ASTRÓNOMOS DETERMINAR LA VELOCIDAD Y LA DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DE UN OBJETO CON RESPECTO A LA TIERRA.



La imagen muestra cómo las ondas de luz aumentan su frecuencia cuando la fuente se acerca a nosotros y la reducen si se aleja.

SIGLO XX

1918 HARLOW SHAPLEY



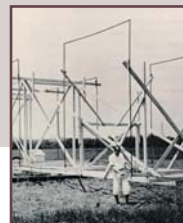
SHAPLEY DETERMINA LA DISTANCIA A LOS CÚMULOS GLOBULARES (AGRUPACIONES ESTELARES ESFÉRICAS), MIDE EL TAMAÑO DE LA VÍA LÁCTEA Y LA DISTANCIA DEL SOL AL CENTRO GALÁCTICO.

1929 LA EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

EDWIN HUBBLE DESCUBRE QUE NUESTRA GALAXIA NO ES LA ÚNICA EN EL UNIVERSO: HAY INFINIDAD DE ELLAS Y, LO MÁS IMPORTANTE, SE ALEJAN LAS UNAS DE LAS OTRAS, LO QUE SÓLO SE EXPLICA SI EL PROPIO UNIVERSO SE ESTÁ EXPANDIENDO EN TODAS DIRECCIONES. ESTO IMPLICA QUE EL UNIVERSO ES DINÁMICO, Y QUE EN UN PASADO TENÍA UNAS DIMENSIONES MÁS PEQUEÑAS QUE EL RADIO DE UN PROTÓN.

1931 RADIOASTRONOMÍA

KARL JANSKY, EMPLEADO DE LOS LABORATORIOS DE LA "BELL TELEPHONE", DESCUBRE UNA PERSISTENTE EMISIÓN EN ONDAS DE RADIO PROVENIENTE DEL CENTRO DE LA GALAXIA. DA LUGAR AL NACIMIENTO DE LA ASTRONOMÍA EN RADIO, UNA NUEVA PUERTA AL CONOCIMIENTO DEL UNIVERSO.



Detectores de ondas de radio.

1944 EL MAPA DE HIDRÓGENO

VAN DER HULST DEMUESTRA QUE EL HIDRÓGENO EXISTENTE EN EL ESPACIO DEBERÍA EMITIR EN UN TIPO DE FRECUENCIA MUY CARACTERÍSTICA Y CONCRETA, SITUADA EN LA PARTE DE RADIO DEL ESPECTRO. ESTA PREDICCIÓN, COMPROBADA AÑOS DESPUÉS, DOTÓ A LOS ASTRÓNOMOS DE UNA HERRAMIENTA ÚNICA PARA DETECTAR HIDRÓGENO, EL ELEMENTO MÁS ABUNDANTE Y LA MATERIA PRIMA DEL UNIVERSO. PERMITIÓ REALIZAR UN MAPA DE LAS NUBES DE HIDRÓGENO DE NUESTRA GALAXIA, Y DESCUBRIR SU ESTRUCTURA.

SIGLO XX

TA DE LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO, UN VESTIGIO DE LOS PRIMEROS INSTANTES DE VIDA DEL UNIVERSO, QUE APORTA INFORMACIÓN SOBRE CÓMO ERA NUESTRO UNIVERSO CUANDO NACIÓ Y SOBRE CÓMO SE FORMARON LAS GALAXIAS QUE HOY LO PUEBLAN. FUE EL ESPALDARAZO DEFINITIVO AL MODELO DEL BIG-BANG, Y RECIBIERON POR SU DESCUBRIMIENTO EL PREMIO NOBEL EN 1978.

1967 PRIMER PÚLSAR

JOCELYN BELL Y ANTHONY HEWISH DESCUBREN EL PRIMER RADIO-PÚLSAR. SE TRATA DE UNA ESTRELLA DE NEUTRONES EN ROTACIÓN, CUYA EXISTENCIA HABÍA PREDICHO LA TEORÍA DE EVOLUCIÓN ESTELAR. ANTES DE ALCANZAR SU TOTAL COMPENSIÓN, ESTE FENÓMENO FUE DENOMINADO "HOMBRECITO VERDE", SUGIRIENDO QUE PUDIERA TRATARSE DE UNA SEÑAL

RADIO DE OTRA CIVILIZACIÓN. HEWISH OBTUVO EL NOBEL EN 1978 POR ESTE DESCUBRIMIENTO.



1992 PRIMER PLANETA EXTRASOLAR

ALEXANDER WOLSZCZAN Y DAILE A. FRAIL ESTUDIABAN UN TIPO DE PÚLSARES VIEJOS QUE ROTAN MUY RÁPIDAMENTE, Y EN PSR1257+12 HALLARON DOS IRREGULARIDADES PERIÓDICAS DE 67 Y 99 DÍAS. CONCLUYERON QUE SE TRATABA DE DOS "COMPAÑEROS DE BAJA MASA" - DOS PLANETAS- Y LAS IRREGULARIDADES DE 67 Y 99 DÍAS CORRESPONDÍAN AL TIEMPO QUE TARDABAN EN COMPLETAR UN GIRO ALREDEDOR DE LA ESTRELLA. EN 1994 -MÁS DE DOS AÑOS DESPUÉS DEL PRIMER ANUNCIO-, LOS AUTORES DESVELARON LA MASA DE AMBOS PLANETAS -

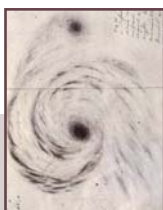


2,8 Y 3,4 VECES LA DE LA TIERRA- Y UNA NOVEDAD: LA EXISTENCIA EN EL SISTEMA DE UN TERCER PLANETA DEL TAMAÑO DE LA LUNA. EN 1995 SE HALLÓ EL PRIMER PLANETA EXTRASOLAR EN TORNO A UNA ESTRELLA COMO EL SOL, Y EN LA ACTUALIDAD HAY MÁS DE 350 DETECTADOS.

SIGLO XX

1800-1867 LORD ROSSE

LORD ROSSE (CHARLES PARSONS) DEDICÓ GRAN PARTE DE SUS OBSERVACIONES AL ESTUDIO DE ENIGMÁTICAS NEBULOSAS QUE PARECÍAN CONTENER ESTRELLAS. GRACIAS A LEVIATÁN, EL TELESCOPIO MÁS GRANDE DE LA ÉPOCA CON 1,8 M, DESCUBRIÓ QUE ALGUNAS DE ellas TENÍAN FORMA ESPIRAL.



Dibujo de Messier 51 por Lord Rosse, comparado con una imagen moderna.

1900-1916 NUEVA FÍSICA

MAX PLANCK Y ALBERT EINSTEIN ESTABLECEN EL CUERPO TEÓRICO DE LA "NUEVA FÍSICA". LA TEORÍA CUÁNTICA DE PLANCK Y LA RELATIVIDAD GENERAL DE EINSTEIN PERMITEN ABORDAR EL ESTUDIO DEL MICROCOSMO Y MACROCOSMO.

1911 EVOLUCIÓN ESTELAR

EJNAR HERTZSPRUNG Y HENRY RUSSELL ESTABLECEN, DE FORMA INDEPENDIENTE, LA RELACIÓN EMPÍRICA ENTRE EL COLOR (TEMPERATURA) Y LUMINOSIDAD (MASA) DE LAS ESTRELLAS, EXPRESADA EN EL DIAGRAMA H-R.

MÁS ADELANTE (1920-40), ARTHUR EDDINGTON Y SUBRAHMAYAN CHANDRASEKHAR FIJAN LOS PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LA EVOLUCIÓN ESTELAR QUE PERMITE EXPLICAR LA DISTRIBUCIÓN DE ESTRELLAS A LO LARGO DEL DIAGRAMA H-R.

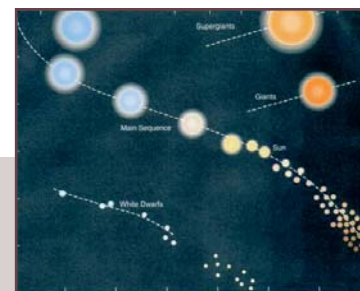
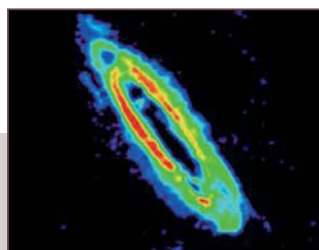


Diagrama H-R: la mayoría de las estrellas se ubican en la secuencia principal, del extremo superior izquierdo hasta el inferior derecho. Por encima de la secuencia principal hay muchas gigantes como Aldebarán y escasas supergigantes. Minúsculas enanas blancas se extienden a lo largo de la base.

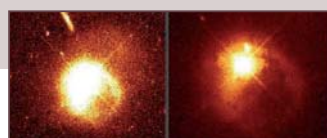


Mapa de hidrógeno de la galaxia Andrómeda (SETI/U.Berkeley).

RA ESPIRAL, SU CENTRO Y SUS MOVIMIENTOS. TAMBIÉN SE UTILIZA PARA IDENTIFICAR TALES NUBES EN OTRAS GALAXIAS Y DETERMINAR SU MOVIMIENTO Y VELOCIDAD, Y CÓMO INTERACTÚAN CON OTRAS GALAXIAS.

1960 PRIMER CUÁSAR

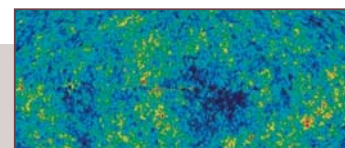
SE DESCUBRE UNA IMPORTANTE EMISIÓN EN RADIO ASOCIADA A UNA FUENTE DE LUZ PUNTUAL: UN CUÁSAR (CUASI-ESTRELLA). EN 1963, MAARTEN SCHMIDT DESCUBRIÓ, ANALIZANDO LOS ESPECTROS, QUE ESTOS OBJETOS SE ENCONTRABAN A MÁS DE 14000 MILLONES DE AÑOS-LUZ DE DISTANCIA, Y EMITÍAN ¡100 VECES MÁS ENERGÍA QUE TODA LA VÍA LÁCTEA!



1962 EN EL ESPACIO

SE INICIA LA ASTROFÍSICA ESPACIAL CON EL LANZAMIENTO DE LA SONDA MARIÑER 2 Y LA OBTENCIÓN DE LAS PRIMERAS IMÁGENES DE VENUS FUERA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE. LA POSTERIOR PUESTA EN ÓRBITA DE TELESCOPIOS CON DETECTORES EN LONGITUDES DE ONDA MUY CORTAS DA LUGAR AL NACIMIENTO DE LA ASTROFÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS.

1962 FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS



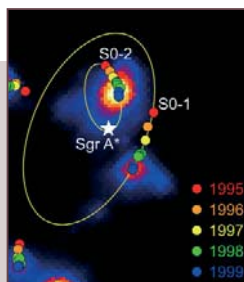
Detalle del mapa de temperatura del fondo cósmico de microondas.

ARNO PENZIAS Y ROBERT WILSON, INGENIEROS DE LA BELL TELEPHONE, DESCUBREN POR CASUALIDAD UNA RADIACIÓN DE MICROONDAS, DE MUY BAJA TEMPERATURA, QUE INUNDA EL UNIVERSO POR IGUAL Y EN TODAS DIRECCIONES. SE TRA-

SIGLO XXI

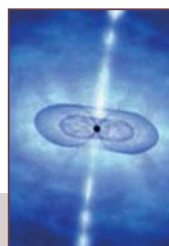
2002, SGR A*: EL CENTRO GALÁCTICO

SE OBSERVA UNA ESTRELLA ORBITANDO EL AGUJERO NEGRO SUPERMASIVO (SGR A*) EN EL CENTRO DE NUESTRA GALAXIA A UNA DISTANCIA DE TAN SOLO 17 HORAS LUZ CON UNA VELOCIDAD SUPERIOR A LOS 5000 KM/S. SU PERÍODO ORBITAL ES DE 15 AÑOS. SE ESTIMA QUE LA MASA DE SGR A* ASCIENDE A CUATRO MILLONES DE MASAS SOLARES.



2003 NATURALEZA DE LOS GRBS

DESDE SU DESCUBRIMIENTO EN 1969, EL ORIGEN DE LAS EXPLOSIONES DE RAYOS GAMMA (GRBs) CONSTITUÍA UN MISTERIO. SE TRATA DE INTENSOS DESTELLOS DE RAYOS GAMMA CON UNA DURACIÓN DE ENTRE UNA CÉNTESIMA DE SEGUNDO Y CIENTO SEGUNDOS. EN 1997 SE OBTUVO LA PRIMERA CONTRAPARTIDA ÓPTICA QUE PERMITIÓ SITUARLOS A MILES DE MILLONES DE AÑOS LUZ, Y EN 2003 SE ESTABLECIÓ LA RELACIÓN ENTRE LOS GRBs LARGOS CON LA MUERTE DE ESTRELLAS MUY MASIVAS (FENÓMENO CONOCIDO COMO HIPERNOVA). LA NATURALEZA DE LOS GRBs CORTOS AÚN ES OBJETO DE DEBATE.



2006 NUEVA DEFINICIÓN DE PLANETA

SEGÚN LA UNIÓN ASTRONÓMICA INTERNACIONAL (IAU), UN PLANETA ES "UN CUERPO CELESTE QUE ORBITA ALRE-



DOR DEL SOL, TIENE SUFICIENTE MASA PARA HALLARSE EN EQUILIBRIO HIDROSTÁTICO Y HA LIMPIADO EL VECINDARIO ALREDEDOR DE SU ÓRBITA". LA REDEFINICIÓN DEL TÉRMINO, QUE EXPULSÓ A PLUTÓN DE LA CATEGORÍA, SE DEBIÓ AL HALLAZGO DE VARIOS CUERPOS SIMILARES A ÉL E INCLUSO MÁS MASIVOS EN ÓRBITAS MÁS ALLÁ DE NEPTUNO.



IZw 18

Aunque toda selección implica un dilema, yo no necesité mucho tiempo: mi galaxia favorita seguía siendo aquella, incluso tantos años después: la esquiwa IZw 18. Se trata de una galaxia enana compacta azul que emite una luz muy tenue, lo que la convierte en presa difícil para el espectrógrafo. Siempre te pide mucho, pero que mucho, tiempo de exposición. Pero al final ella te recompensa mostrando algún nuevo y precioso detalle.



José Manuel Vilchez Medina (Salobreña, Granada) es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada (1982). Astrofísico residente del IAC (1983-1987), realizó su tesis doctoral (1987) en el *Royal Greenwich Observatory* (Reino Unido) y el Instituto de Astrofísica de Canarias. Actualmente es Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto de Astrofísica de Andalucía.

mente primordial), la medida de su abundancia es fundamental.

Junto con mis colegas, he observado IZw 18 en muchas ocasiones. Cada vez que disponemos de un "juguete" nuevo (telescopio y/o instrumento), esta galaxia es una de las primeras candidatas para probarlo. Una de esas veces, antes de que los espectrógrafos de campo integral se hicieran populares, decidimos elaborar un mapa espectroscópico completo de la galaxia, ya que hasta entonces sólo se habían observado sus dos fuentes centrales. Acabábamos de probar una nueva cámara del telescopio William Herschel (WHT) y logramos hacer una imagen realmente profunda. En ella descubrimos que esta pequeña galaxia tiene un halo muy extenso de gas ionizado que parece rodearla con una especie de "brazo". Preparamos el espectrógrafo ISIS y nos dispusimos a realizar el mapa espectroscópico moviendo el WHT con gran precisión, en saltitos de un segundo de arco en el cielo, hasta explorar las partes más lejanas del halo que serían observadas por primera vez. Entre los resultados más relevantes podemos destacar el alto grado de homogeneidad química del gas ionizado en escalas espaciales del orden del kpc (unas doscientos millones de veces la distancia que nos separa del Sol) y la bajísima abundancia de oxígeno de IZw 18 (unos catorce átomos de oxígeno por cada millón de átomos de hidrógeno). Además, detectamos líneas de emisión de oxígeno en el halo más lejano, lo que indica que el gas más externo de la galaxia, posiblemente un remanente primitivo de su formación, ya estaba enriquecido -es decir, no se trata de material primordial. Estos resultados, confirmados más tarde con el telescopio Keck implican una evolución química muy especial para IZw18, donde no se descarta un posible enriquecimiento químico a escala global, anterior a los estallidos de formación estelar que observamos ahora en su centro.

Con los grandes telescopios ahora disponibles y la nueva instrumentación que nos

permite obtener profundos mapas espectroscópicos, ya podemos estudiar en toda su extensión IZw18 y otras galaxias como ella, muy pobres en metales, para así acercarnos más a las condiciones físicas que prevalecieron en la evolución primitiva de las galaxias.

"Lo más intrigante de IZw 18 es que mantenga su famélico récord: la galaxia con menor abundancia de elementos de entre las que conocemos".

El nombre y su descubridor

Mi -nuestra- galaxia favorita es la número 18 en la primera lista de galaxias de su descubridor, Fritz Zwicky (1966). A este astrónomo de origen suizo le debemos muchos descubrimientos e ideas en la astrofísica moderna, como los conceptos de materia oscura o de supernovas extragalácticas.

Si me fascina IZw 18, no menos lo hace la personalidad de Fritz Zwicky. Su original forma de plantear los problemas se sustenta en gran parte en su método de razonamiento "morfológico", que extendió a la Astrofísica (ver su libro *Morphological Astronomy*). Hay que decir que era bien conocido por su mal carácter, sobre todo entre los estudiantes y sus colegas, a algunos de los cuales solía llamar *spherical bastards*, por aquello de que "según siendo igual de *bastards* desde cualquier dirección que se les mirase".

Zwicky describió IZw 18 como un "sistema doble de galaxias compactas conectado por un estrecho puente de gas". Las observaciones posteriores han revelado la rica estructura que Zwicky no pudo ver con su telescopio. Aún vive la polémica sobre si se trata de una galaxia genuinamente joven o, por el contrario, ya alberga estrellas evolucionadas; parece ser que se han detectado algunas de estas estrellas, con edades mayores de medio gigaaño, pero su señal es aun muy débil y los errores grandes. ¡Hay que seguir investigando!



IZw 18, fotografiada por el telescopio Hubble. Fuente: NASA, ESA, Y. Izotov y T.Thuan.

Lo más intrigante de IZw 18 es que mantenga su famélico récord: la galaxia con menor abundancia de elementos de entre las que conocemos. Esta propiedad ha regalado a los astrónomos uno de esos enigmas que empujan a la búsqueda de galaxias pobres en metales que puedan apearla del podio. Una búsqueda infructuosa hasta la fecha.

La escasez de elementos químicos procesados (metales) nos ofrece una de las pistas más elocuentes sobre el origen de un objeto: cuanto más pobre en metales sea el gas de una galaxia, tanto más cerca estaremos de observar el material primordial, el del principio del Universo. Como el oxígeno es el elemento más abundante (tras el hidrógeno y el helio de origen práctica-

Pilares científicos

EL TELESCOPIO: ALGO MÁS QUE UN CATALEJO

LOS TRABAJOS DE COPÉRNICO, TYCHO BRAHE, KEPLER Y GALILEO CONSTITUYERON LOS PILARES PARA LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DEL SIGLO XVII, EN LA QUE EL TELESCOPIO CONSTITUYÓ UNA HERRAMIENTA FUNDAMENTAL

En este convulso año 2009 celebramos el Año Internacional de la Astronomía. Y lo hacemos recordando que, cuatrocientos años atrás, un modesto profesor pisano tuvo la feliz idea de mirar al cielo a través de un tubo hueco con dos pequeñas lentes estratégicamente colocadas en su interior. También -que no toda la gloria del Renacimiento astronómico es exclusiva de Galileo Galilei-, que su coetáneo Johannes Kepler puso orden ese mismo año (1609) en los números de otro sabio de la época, el prodigioso Tycho Brahe, explicando para los restos cómo se mueven los planetas alrededor del Sol. Un pilar más -Nicolás Copérnico- ya se había anticipado con sus cálculos atreviéndose a predecir el éxito de la, para entonces herética, teoría heliocéntrica. Cuatro pilares formidables en los que Isaac Newton

reconoció apoyarse -en realidad dijo hombros y no pilares, pero la consistencia de argumento y elementos es idéntica- para formular la atracción gravitatoria entre dos cuerpos. Válida entonces, hoy y mañana. Aquí, en Roma y en todo el Universo.

Desde entonces las cosas han cambiado. La llamada "revolución copernicana" -que rinde homenaje en su nombre al más antiguo de los pilares mencionados-, dio un revolcón al pensamiento, y la ciencia se abrió paso imparable. En este proceso, un sencillo instrumento ha sido la herramienta fundamental para allanar el camino: el telescopio. Echando la vista atrás -lo que, curiosamente, hacen en realidad los telescopios trabajando como "máquinas del tiempo"- encontramos los fundamentos del artilugio en el uso de las lentes que, desde su aparición y aplicadas como anteojos, eran utilizadas individualmente. Pero ni los inventores más ingeniosos fueron capaces de disponerlas adecuadamente para formar el telescopio

más simple. Si podía mejorarse la visión de forma tan notable, ¿por qué no construir dispositivos ópticos para solucionar otras necesidades? Ingenios para ver a largas distancias con propósitos militares -no en vano, el primer término para denominar el telescopio fue *spyglass* (o vidrio para espiar, traducido simplemente como catalejo)-, hacer mapas topográficos, observar la naturaleza o escudriñar el cielo.

¿Quién puso en manos de Galileo esta maravilla? Es una pregunta que todavía hoy tiene muchas respuestas. Sabemos, y así quedó registrado, que varios artesanos holandeses pelearon por su paternidad. También sabemos que Galileo tuvo pronto noticias del invento y que, en solo unos meses, fue capaz de construirlos y mejorarlos, observando las fases de Venus, los relieves lunares o los cuatro satélites principales de Júpiter, así como la extraña forma de Saturno, que acabaría desvelándose como un sistema de anillos para Huygens pocos años después.

Incertidumbres

¿QUIÉN, CÓMO Y CUÁNDO?

QUIZÁ EL TELESCOPIO PROCEDA DEL TALLER DE UN ARTESANO GIRONÉS DEL SXVI

Las primeras menciones explícitas al telescopio provienen de Holanda: el 2 de octubre de 1608 Hans Lipperhey envió la primera petición para su patente. Reclamando la misma función y diseño -una lente cóncava y otra convexa en un tubo hueco, lo que se conocería como "diseño holandés"-, unos días más tarde es otro artesano, Jacob Metius, quien dice ser su inventor. Y en años posteriores otros holandeses reclamarían sus derechos: Johannes Sachariassen afirmaría en 1655 que su padre, Zacharias Janssen, habría fabricado no sólo un telescopio, sino también un microscopio, alrededor del año 1590. Como el diseño era afortunado a la par que sencillo, a ninguno se le otorgó la patente, pero Lipperhey figura en los libros de texto como el inventor del telescopio. Una his-

toria edulcorada aunque posiblemente apócrifa afirma que sus hijos, jugando en su taller, enfrentaron las distintas lentes y pudieron ver la hora en el reloj de un campanario lejano.

Bien fuera por orgullo nacional, bien por la propia curiosidad, varios investigadores holandeses bucearon en esta historia en el siglo XX. Primero es Cornelis de Waard quien aporta nuevas claves en 1906, y más tarde Albert van Helden en 1977. Sorprendentemente afirman que, casi con toda seguridad, el telescopio no es un invento holandés, sino que pudo haber sido diseñado en el norte de Italia, quizá entre 1590 y 1600 y tal vez por Rafael Gualterotti, con la ayuda de los libros escritos previamente por otro artesano, Giovanni Della Porta. Añaden un nuevo dato de importancia: el primer telescopio de "tipo holandés" habría visto la luz en la Feria de Frankfurt de 1608, en la que un noble alemán

rechazó su compra por el alto precio y por su mal estado. ¿Y la pista italiana? Para más confusión, es otro italiano -Girolamo Sirtori- quien no reclama el descubrimiento para sus compatriotas, sino que nos transporta a 1609, año en el que conoce en Gerona a un "viejo artesano débil y cansado" al que denomina Roget, fabricante de anteojos, afirmando que éste le mostró, además de la armadura de un telescopio, las fórmulas para su construcción.

¿Hemos mirado al cielo durante 400 años a través de ojos españoles? Es posible. A mediados de los años 50 un óptico e historiador catalán, Josep M^a Simón de Guilleuma, valida la teoría de Sirtori encontrando no sólo documentación histórica de la existencia de la familia Roget, sino además pruebas de, al menos, dos aparatos que pudieron haber sido rudimentarios telescopios. Uno de ellos, legado por un tal Jaime Galvany, fue subastado el 5 de septiembre de 1608. ¿Fue el telescopio de la feria de Frankfurt? Tal vez. Es la teoría que mantiene Nick Pelling y que ha sido publicada en *History Today*.

CARTA DE GALILEO A CRISTINA

UNO DE LOS TEXTOS MÁS CONOCIDOS DE GALILEO GALILEI ES LA CARTA QUE ESCRIBIÓ EN 1615 A LA GRAN DUQUESA MADRE, CRISTINA DE LORENA. ANALIZAMOS ALGUNOS DE LOS FRAGMENTOS DE ESTA EXTENSA CARTA, DONDE GALILEO DESTILA SU AMOR POR LA CIENCIA, SU FE CATÓLICA, Y UNA BUENA DOSIS DE IRONÍA

POR EMILIO J. GARCÍA (IAA-CSIC)

[1] A mediados de 1615, Galileo Galilei escribe una carta dirigida a la Gran Duquesa Madre, Cristina de Lorena, viuda del Gran Duque de Toscana, alertado por la corriente que se está formando en contra de la visión copernicana del Universo. Aunque dirigida a la Gran Duquesa, Galileo sabe que esta carta correrá como la pólvora entre los círculos de filósofos y teólogos de la época. En ella establece una clara diferencia entre ciencia y religión. Carta que, sin duda, es uno de los primeros grandes manifiestos de la ciencia moderna.

A la Serenísima Señora la Gran Duquesa Madre:

Hace pocos años, como bien sabe vuestra serena alteza, descubrí en los cielos muchas cosas no vistas antes de nuestra edad. La novedad de tales cosas, así como ciertas consecuencias que se seguían de ellas, [...] lanzaron contra mí a no pocos profesores, como si yo hubiera puesto estas cosas en el cielo con mis propias manos [...]. A tal fin lanzaron varios cargos y publicaron algunos escritos llenos de argumentos vanos, y cometieron el grave error de salpicarlos con pasajes tomados de las Sagradas Escrituras [...].

[2] Los descubrimientos a los que Galileo hace referencia son numerosos: los satélites de Júpiter, las manchas solares y especialmente, las fases de Venus, que le llevan al convencimiento total acerca del sistema Copernicano. Estos descubrimientos reciben, por un lado, una aceptación entusiasta, pero también son ampliamente rechazados, sobre todo por muchos teólogos que lo ven en clara contradicción con algunos textos de las Sagradas Escrituras. Galileo se mantiene en silencio hasta que su amigo y discípulo, Benedetto Castelli, le escribe para comunicarle que ha sido testigo de una discusión en casa de Cristina de Lorena acerca de la validez de las teorías heliocéntricas. La respuesta de Galileo, lejos de aplacar la polémica, la aviva y comienza a llegar a los círculos cercanos al Papa. En este punto Galileo escribe la carta a Cristina de Lorena. Lo primero que hace es reafirmarse en que sus observaciones demuestran las teorías de Copérnico.

Saben que mis estudios de astronomía y de filosofía me han llevado a afirmar, [...] que el Sol, sin cambiar de lugar, permanece situado en el centro de la revolución de las órbitas celestes, y que la Tierra gira sobre sí misma y se desplaza en torno del Sol [...] los que contradicen radicalmente el sistema de Ptolomeo y confirman a maravilla el de Copérnico.

[3] Tras defender a Copérnico, Galileo hace referencia a un hecho importante: el libro del astrónomo polaco *De las Revoluciones Celestes* (1543) no estaba prohibido por la iglesia. De hecho, en 1616 la iglesia evita el conflicto transformando el capítulo: *Sobre la explicación del triple movimiento de la Tierra* en *Sobre la hipótesis del triple movimiento de la Tierra*.

Copérnico [...] dedicó su libro acerca de las Revoluciones Celestes, [...] a Pablo III; dicha obra ha sido bien recibida por la Santa Iglesia, y leída y estudiada por todo el mundo, sin que jamás se haya formulado reparo alguno a su doctrina. Sin embargo, al mismo tiempo que se va comprobando, [...] la certeza de las teorías copernicanas, no faltan personas que, aun sin haber visto jamás el libro, premian las múltiples fatigas de su autor con la consideración de hereje [...].

[4] De hecho Galileo defiende que Copérnico no era contrario a las sagradas escrituras...

Precisaría que se supiera reconocer que el autor jamás trata en él cuestiones que afecten a la religión o a la fe, y que no presenta argumentos que dependan de la autoridad de la Sagrada Escritura, [...], sino que se atiene siempre a conclusiones naturales, que atañen a los movimientos celestes, fundadas sobre demostraciones astronómicas y geométricas y que proceden de experiencias razonables y de minuciosas observaciones.

[5] En los primeros párrafos, Galileo se define como creyente acérrimo, e incluso da el beneplácito de haber entendido mal los argumentos de sus contrincantes...

[...] de otro modo, sean mis escritos desgarrados o quemados, pues no me propongo con ellos cosechar un fruto que me hiciera traicionar mi fidelidad por la fe católica.



[6] En la carta, Galileo no arremete contra las sagradas escrituras, a las que considera la Verdad, sino contra su interpretación literal por parte de algunos teólogos con el objeto de ir contra la ciencia. Para Galileo se debe ser muy cauto a la hora de interpretar unas palabras que en la mayoría de los casos han sido adaptadas para ser entendibles por el vulgo y no pretenden ningún carácter científico. Este es el núcleo central de su defensa.

[...] en ningún caso las Sagradas Escrituras pueden estar equivocadas, siempre que sean bien interpretadas; no creo que nadie pueda negar que muchas veces el puro significado de las palabras se halla oculto y es muy diferente de su sonido.

Por consiguiente, no es de extrañar que alguno al interpretarlas, quedándose dentro de los estrechos límites de la pura interpretación literal, pudiera, equivocándose, hacer aparecer en las Escrituras no sólo contradicciones y postulados sin relación alguna con los mencionados, sino también herejías y blasfemias: [...]

Así como las citadas proposiciones, inspiradas por el Espíritu Santo, fueron desarrolladas en dicha forma por los sagrados profetas en aras a adaptarse mejor a la capacidad del vulgo, bastante rudo e indisciplinado, del mismo modo es labor de quienes se hallen fuera de las filas de la plebe, el llegar a profundizar en el verdadero significado y mostrar las razones por las cuales ellas están escritas con tales palabras.



Texto extraído de Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
(*)Traducción: Moisés González García.

[9] Llegado este punto, Galileo arremete contra sus críticos, alcanzo algunas de las líneas más poéticas escritas a favor de la libertad de las ideas científicas...

¿Quién podría tener la pretensión de poner un límite al ingenio humano? ¿Quién podría afirmar que hemos visto y que conocemos todo lo que de perceptible y de cognoscible hay en el mundo? ¿Acaso los mismos que afirman, en otras ocasiones (y con gran verdad), que las cosas que conocemos no constituyen sino una pequeñísima parte de las que ignoramos? [...]

[10] Para Galileo, Fe y Ciencia son aspectos diferentes, no contradictorios. La ciencia explica la naturaleza, la Fe es la adecuada para el terreno sobrenatural...

Por ello, el que se quiera imponer a los profesores de astronomía que desconfíen de sus propias observaciones y demostraciones[...] equivaldría a impartirles la orden de no ver lo que ven, de no comprender lo que comprenden; cuando investigan, de que encuentren lo contrario de lo que hallan. Sería preciso [...] que la imaginación y la voluntad puedan creer lo contrario de lo que la inteligencia comprende (hablo siempre de las proposiciones puramente naturales y que no son de Fe y no de las proposiciones sobrenaturales y de Fe).

[11] El objetivo de esta correspondencia es el miedo de Galileo a que consideren heréticas las ideas de Copérnico. Para Galileo ir contra Copérnico es ir contra la verdad.

[...]para obtener un resultado semejante se necesitaría, no ya sólo prohibir el libro de Copérnico y los escritos de sus partidarios, sino toda la ciencia astronómica; más aun, se debería impedir a los hombres que miraran el cielo, para que no vieran a Marte y a Venus, [...]. Prohibir la doctrina de Copérnico cuando numerosísimas observaciones nuevas, y el estudio sobre ellas practicado por grandísimo número de sabios, llevan de día en día a que su validez sea mejor reconocida, me parecería, en lo que a mí respecta, ir contra la verdad [...]

[12] Lo curioso es que Galileo ya avisa que tarde o temprano la iglesia tendrá que retractarse. En Octubre de 1992, una comisión papal, ordenada por Juan Pablo II, reconoce el error del Vaticano en el proceso a Galileo.

[...] mientras más persistan en afirmar que ellas (las escrituras) son claras y que no admiten otro sentido que el que ellos les atribuyen, mayores perjuicios causarán a su dignidad (aun cuando su juicio sea de gran autoridad), cuando se dé el caso de que se demuestre que la verdad es manifiestamente contraria; y esto es fuente de confusiones, al menos para quienes están separados de la Santa Iglesia y que esta madre celosísima desea ver acogerse a su seno.

[13] Uno de los textos bíblicos a los que más se aferran los teólogos contrarios al movimiento de la Tierra es el de Josué 10:13,14 donde, con el objeto de ganar una batalla, Josué pide a Dios que alargue el día deteniendo el movimiento del Sol: "Y el sol se paró en medio del cielo, y no se apresuró a ponerse casi un día entero". A pesar de todo lo anterior defendido por Galileo, este se lanza a dar una interpretación del texto, por supuesto contraria a los teólogos y en contra del sistema Ptolomaico aceptado por la iglesia. Es enrevesada pero con ello pretende remarcar lo fútil de extraer conclusiones científicas de un texto bíblico.

[...]Si los movimientos celestes se adecuan a la concepción de Ptolomeo, tal cosa de ningún modo puede producirse: en efecto, puesto que el movimiento del Sol se efectúa de occidente a oriente, es decir, en sentido inverso al movimiento del primer móvil, que se efectúa de oriente a occidente, y que es causa del día y de la noche, se comprende que, si el movimiento verdadero y propio del Sol cesara, el día sería más corto y no más largo [...] Por tanto, si Josué hubiera tenido la intención de que sus palabras se tomaran en su sentido exacto, habría ordenado al Sol que acelerara su movimiento [...] Pero como sus palabras se dirigían a un pueblo que sin duda no conocía otros movimientos celestes que ese movimiento vulgarísimo de oriente a occidente, se adecuó a sus capacidades[...]

[14] Y en un alarde de chulería, termina la carta mostrando un texto de las sagradas escrituras ¡donde (según Galileo) claramente se demuestra la rotación de la Tierra!

[...]Entonces, como la Tierra se desplaza circularmente, comprenderán que es a esos polos a los que se refiere el pasaje donde se dice: "Y todavía no había hecho la Tierra y los ríos y los polos del orbe de la Tierra"(); si el globo terrestre no debiera girar en torno de esos polos, está claro que le habrían sido atribuidos inútilmente.*

[7] Pero mientras las sagradas escrituras son interpretables no lo son las leyes de la ciencia, inexorables e inmutables...

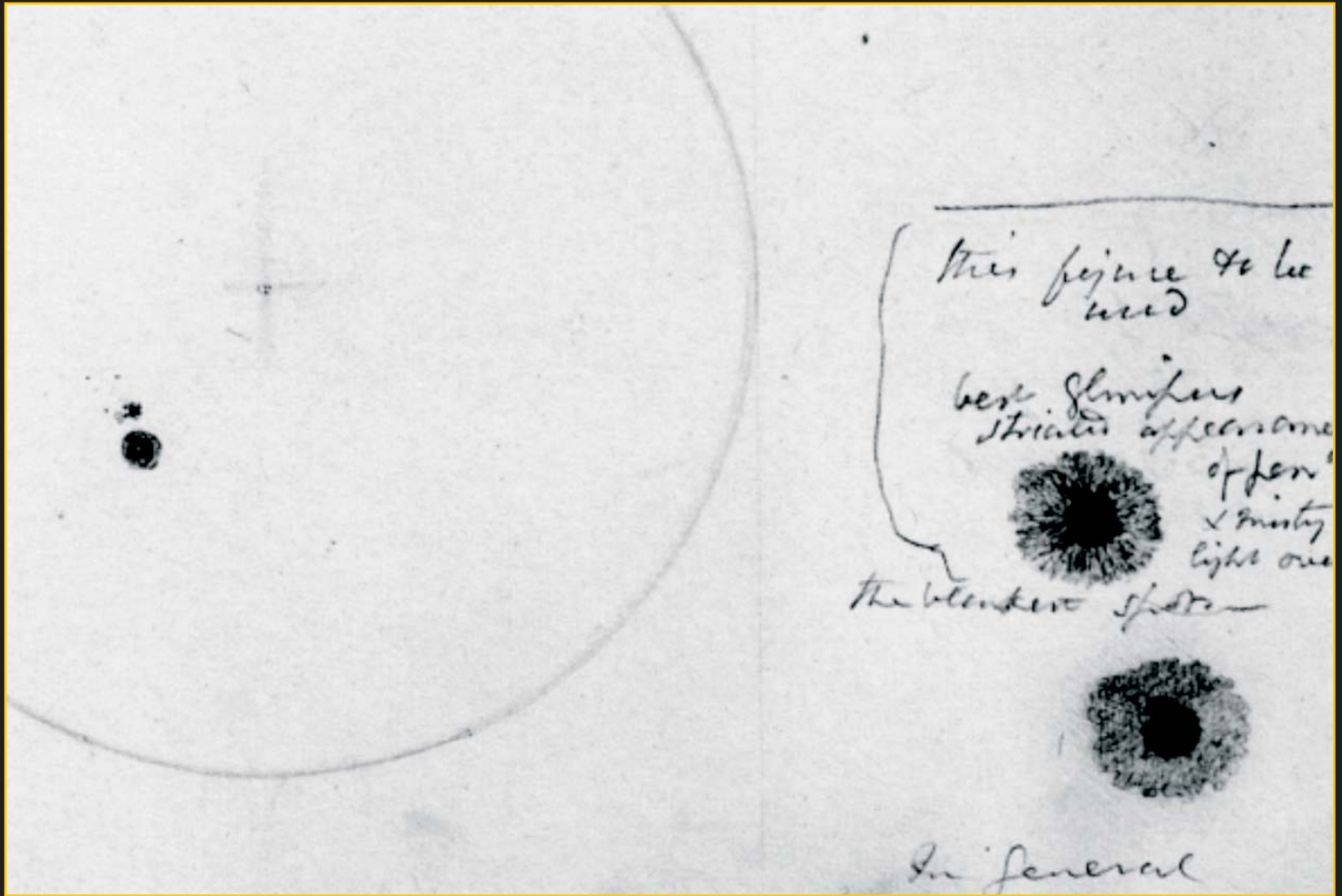
[...] la naturaleza, por el contrario, se adecua, inexorable e inmutablemente, a las leyes que le son impuestas, sin franquear jamás sus límites, y no se preocupa por saber si sus razones ocultas y sus maneras de obrar están al alcance de nuestras capacidades humanas.

[8] Para zanjar el tema, Galileo señala irónicamente lo "escasamente" que la Astronomía aparece en las sagradas escrituras...

La astronomía constituye una de estas ciencias, de la cual sólo son tratados algunos aspectos, puesto que ni siquiera se encuentran los planetas, a excepción del Sol y la Luna, y Venus sólo una o dos veces, bajo el nombre de Lucifer.[...] Repetiré aquí lo que he oído a un eclesiástico que se encuentra en un grado muy elevado de la jerarquía, a saber, que la intención del Espíritu Santo es enseñarnos cómo se va al cielo, y no cómo va el cielo.

ANTES

Inicios siglo XIX ➡



por LUIS BELLOT (IAA)

Las MANCHAS solares

Las manchas solares son pequeñas motas oscuras que aparecen y desaparecen en la superficie del Sol. Algunas de ellas pueden verse a simple vista cuando el Sol se encuentra próximo al horizonte o detrás de nubes. Los chinos ya conocían su existencia en el siglo XXVIII a.C., y se cree que Averroes también las observó en el siglo XII d.C. Sin embargo, hubo que esperar a la invención del telescopio en 1609 para poder estudiarlas en detalle. Las primeras observaciones telescópicas de estos objetos fueron realizadas en 1610-1611 por Thomas Harriot, Johannes Fabricius, Galileo Galilei y Christoph Scheiner. Las manchas representaban "imperfecciones" en el astro rey, lo que contradecía la idea aristotélica de un universo perfecto. Ello generó un intenso debate filosófico y científico sobre su origen, que algunos preferían situar en la atmósfera terrestre y no en el Sol. A través del telescopio, las manchas muestran una zona central muy oscura, llamada umbra, y una región externa algo más brillante, la penumbra. Sólo durante los cortos ins-

FOTO1
Dibujo de las manchas solares realizado por William Herschel hijo, que muestra por primera vez los filamentos penumbrales.

tantes de tiempo en los que la imagen permanecía inmóvil era posible distinguir la estructura filamentosa de la penumbra. Los filamentos penumbrales tienen anchuras de entre 200 y 300 kilómetros, por lo que su observación resulta extremadamente difícil. William Herschel hijo realizó el primer dibujo de los filamentos en 1801. A pesar de todo, la naturaleza de las manchas y sus penumbras seguía siendo un misterio. En 1908, George E. Hale descubrió que las manchas están formadas por campos magnéticos muy intensos. A lo largo del siglo XX se idearon técnicas espectroscópicas y

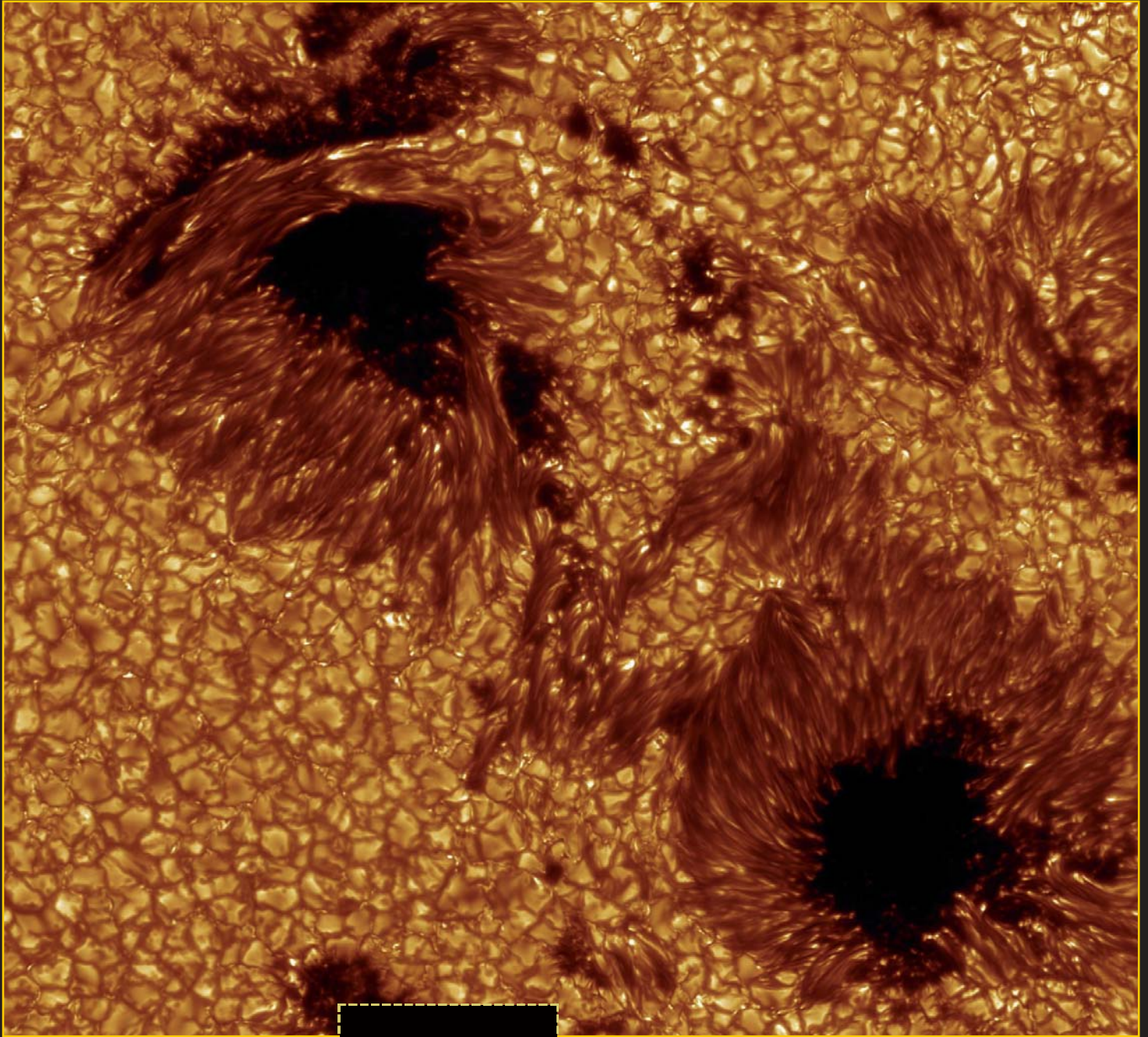


FOTO2
 Imagen de una pareja de manchas solares tomada por la Torre Solar Sueca situada en la isla de la Palma. Cada umbra está rodeada por una penumbra con filamentos alargados que se extienden en dirección radial. La "cabeza" de muchos filamentos es más brillante que la cola, una propiedad que se descubrió en el siglo XX.

polarimétricas para medir dichos campos y los movimientos de gas asociados a ellos. Pero aún quedaba una batalla por ganar: mejorar la calidad de las observaciones eliminando la degradación que produce la atmósfera terrestre. Ello se consiguió a principios del siglo XXI de dos maneras distintas. Por un lado, yendo al espacio. Por otro, mediante ingeniosos sistemas

de espejos deformables que compensan las distorsiones creadas por la turbulencia atmosférica. Gracias a estos sistemas, los telescopios solares pueden estudiar la penumbra con mayor detalle que nunca, sin tener que esperar horas y horas a que las condiciones sean favorables. Hoy sabemos que los filamentos penumbrales contienen los campos magnéticos más inclinados de las manchas. Sin embargo, al comparar las imágenes modernas con los primeros dibujos uno no deja de sorprenderse por la fidelidad con la que aquellos astrónomos representaron lo que veían, abriendo el camino para el estudio científico del magnetismo solar y su influencia sobre la Tierra.

ANTES

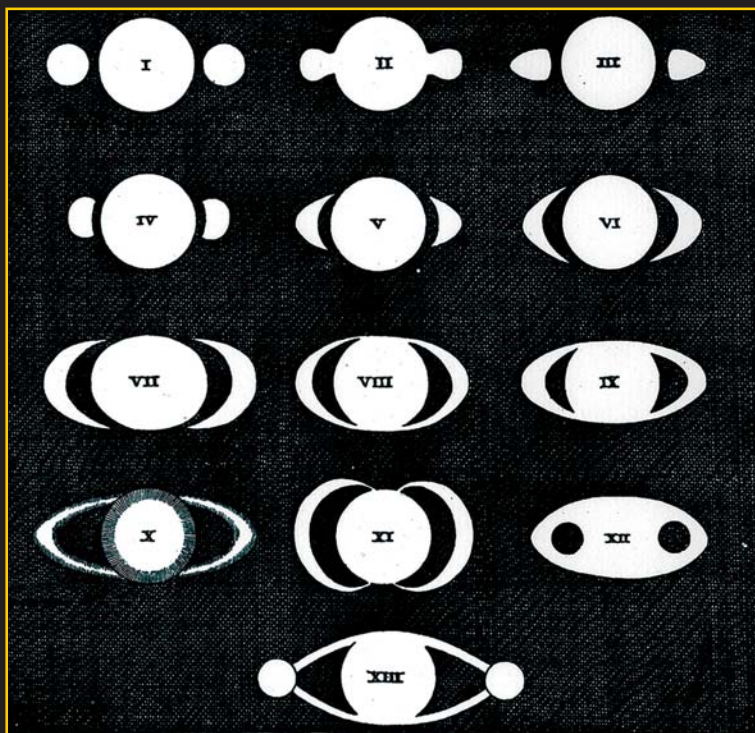
Siglo XVIII (1659) ➔

los anillos de SATURNO

Los anillos planetarios constituyen una característica común a todos los planetas exteriores del Sistema Solar, si bien los de Saturno son los más espectaculares, por sus dimensiones y por su complejidad. Fue Galileo, en 1610, el primero en apuntar su telescopio a Saturno y, aunque no llegó a reconocer los anillos como tales por la baja calidad óptica del telescopio, afirmó que "el planeta Saturno no está solo, sino que está compuesto por tres cuerpos que casi se tocan". Dado que Saturno tiene el eje de rotación

FOTO1
Dibujos de Saturno publicados por Christiaan Huygens en su obra *Sistema Saturnium* (1659).
FOTO2
(margen inferior)
Vista detallada de los anillos. Misión Cassini (NASA/ESA).

inclinado respecto a su plano orbital (unos 27°) y que su periodo orbital es de unos treinta años, la Tierra cruza el plano de los anillos cada quince años, circunstancia en la que los anillos prácticamente desaparecen para el observador geocéntrico. Curiosamente, en 1612 se produjo uno de esos eventos y Galileo, sorprendido, se preguntó: "¿Ha devorado Saturno a sus hijos?", en clara referencia al dios Saturno de la mitología romana. En 1655, Cristian Huygens observó Saturno con su propio telescopio y fue el primero en indicar que lo que vio Galileo era en realidad un "anillo delgado, que en ningún punto toca al planeta e inclinado respecto a la eclíptica", interpretando correctamente las diferentes fases, e indicando que cada catorce o quince años la Tierra pasa por el plano del anillo. Huygens consideraba el anillo como una estructura sólida, lo que intrigaba a los astrónomos de la época porque con las leyes de la Mecánica resultaba muy complicado mantener estable esa estructura. Pocos años después, Jean Chapelain propuso que el anillo era en realidad una colección de minúsculos cuerpos rotando alrededor de Saturno. Nadie prestó atención a estos argumentos (excepto Cassini, que descubrió que el anillo era en realidad una colección de anillos) hasta que, doscientos años después, Maxwell demostró matemáticamente que la estabilidad del sistema de anillos sólo podía explicarse por la presencia de una gran cantidad de partículas que no interaccionan. Hoy sabemos que, en efecto, los anillos están formados por una distribución de "partículas" con tamaños comprendidos entre un centímetro y diez metros. Las observaciones desde el espacio (misiones *Voyager* y *Cassini*) han mostrado la presencia de innumerables divisiones o vacíos entre los anillos que se deben a las perturbaciones gravitatorias de los numerosos satélites. Estas perturbaciones pueden deberse, entre otras razones, a resonancias orbitales (los periodos orbitales de un satélite y las partículas en una división pueden expresarse como una fracción de números enteros), como es el caso de



Colombo Gap

Maxwell Gap

D Ring

74,500 km

C Ring

92,000 km

⇒ Siglo XXI (2004-2009)

DESPUÉS

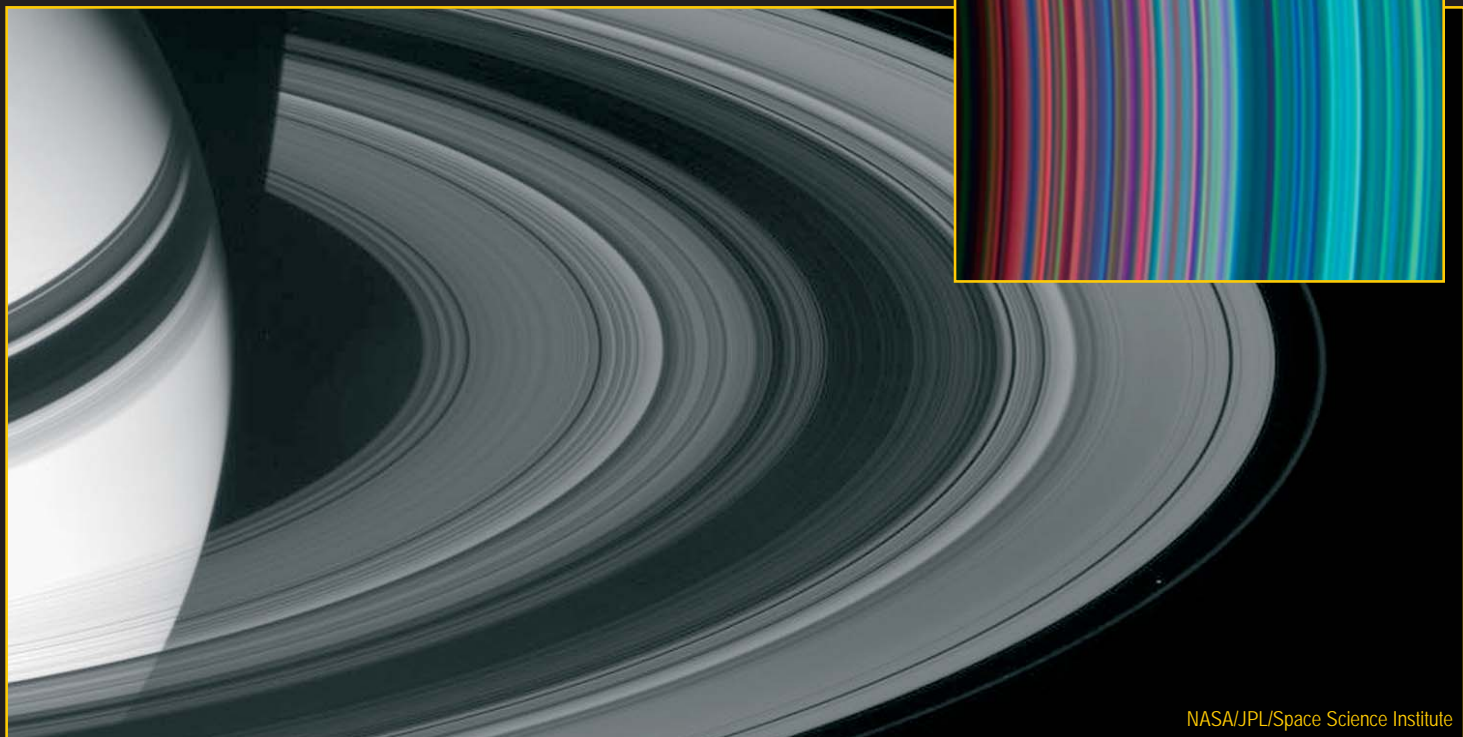
por FERNANDO MORENO (IAA)

Mimas y la división de Cassini. La presencia de las llamadas "lunas pastoras" permite la existencia de pequeños anillos, como es el caso de los satélites Prometeo y Pandora y el anillo "F".

La composición de las partículas de los anillos es esencialmente de hielo de agua, por lo que las antiguas teorías que atribuían el origen de los anillos a restos de la sub-nebulosa de Saturno han sido descartadas, ya que implicarían una composición muy diferente, esencialmente de silicatos. Aunque aún no está claro, parece ser que la edad del sistema de

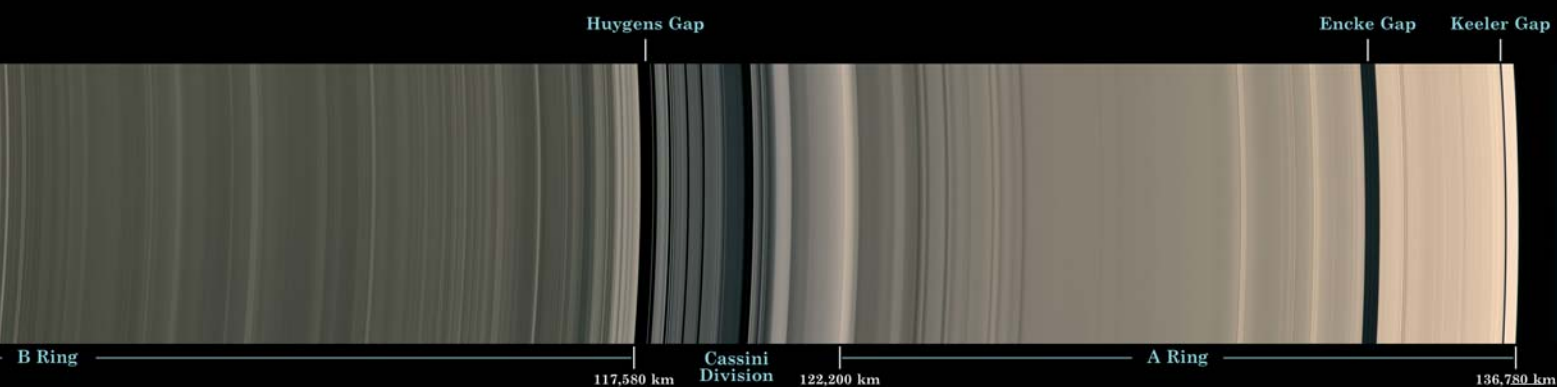
FOTO3
Detalle de Saturno y los anillos. La imagen pequeña muestra los anillos C y B en el ultravioleta.

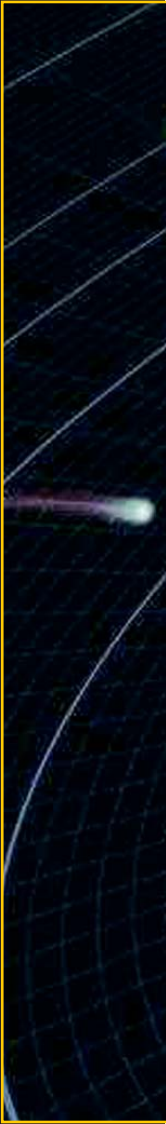
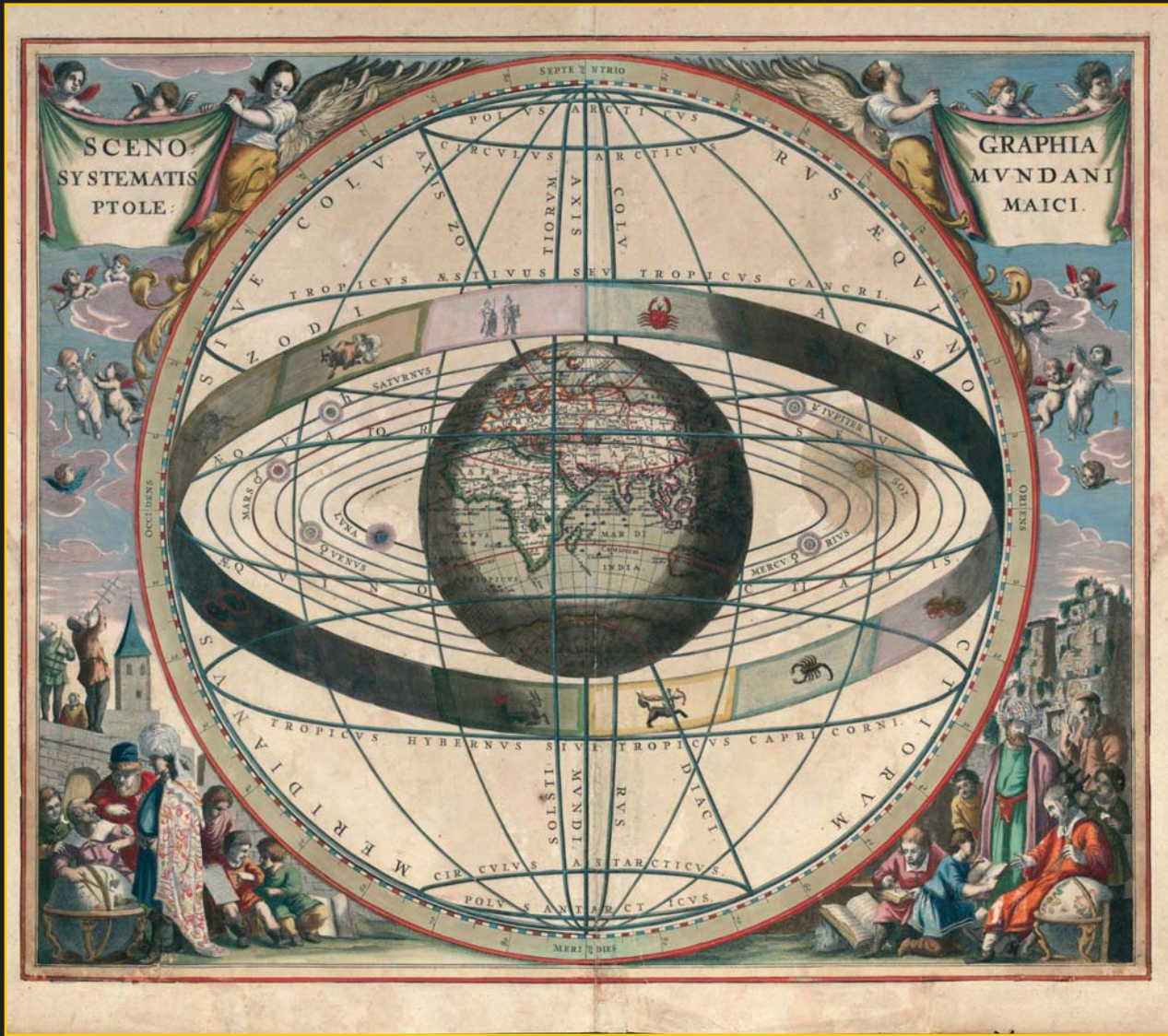
anillos podría ser compatible con la etapa del "Bombardeo Masivo Tardío" (*Late Heavy Bombardment*, LHB), que ocurrió en el Sistema Solar aproximadamente hace unos cuatro mil millones de años y posiblemente se originó por la migración hacia fuera de los Planetas Exteriores -la conocemos por la abundancia de cráteres en la Luna correspondientes a ese periodo. Este LHB podría haber ocasionado el paso de gran cantidad de cometas por las cercanías de Saturno que podrían haber sido destruidos por las fuerzas de marea del planeta o por colisión con algún satélite con corteza helada, y cuyos restos han quedado atrapados por la acción gravitatoria del planeta y forman los anillos.



NASA/JPL/University of Colorado, LASP

NASA/JPL/Space Science Institute





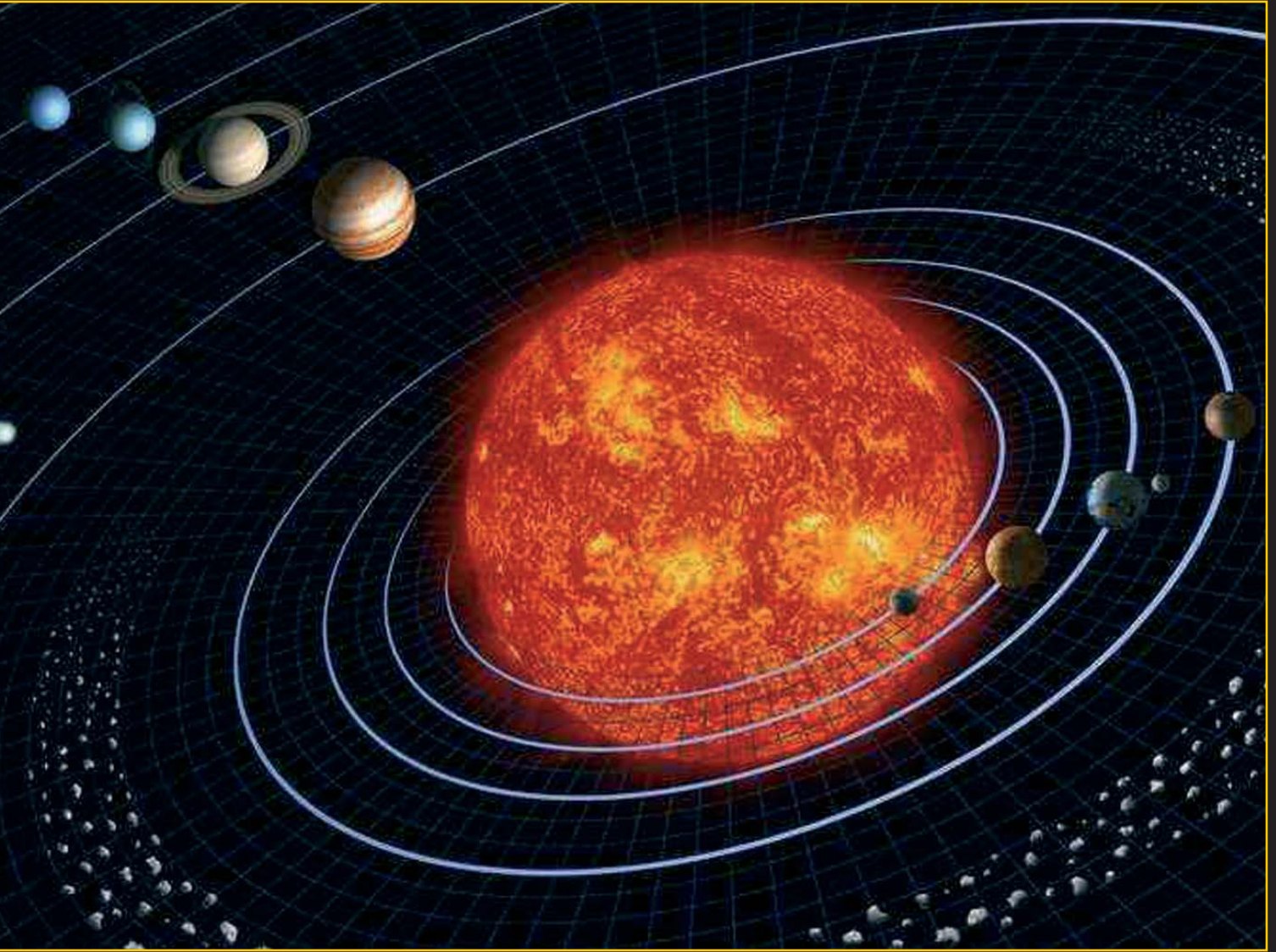
el MOVIMIENTO de los

Un dibujo o imagen puede captar los rasgos de un objeto o composición de objetos, pero no sus movimientos. Para ello se necesita una nueva dimensión, el tiempo, o al menos un conjunto ordenado de imágenes tomadas a intervalos regulares de tiempo, una película. La anotación minuciosa de los cambios en las posiciones en el cielo del Sol, la Luna, los cinco planetas conocidos en aquellos tiempos y una plétora de estrellas, llevó a los griegos a concebir el Universo como un conjunto de esferas concéntricas y epiciclos (circunferencias cuyos centros se sitúan encima de otras circunferencias) girando de forma regular alrededor de una Tierra estática en el centro de todo. Esta concepción del Universo, que se conoce actualmente como el modelo de Ptolomeo, es la que se representa en la imagen de arriba a la izquierda. La regularidad en los movimientos

FOTO1
El cartógrafo
Andreas Cellarius
publicó en 1660
"El Atlas celestial,
o la Armonía del
Universo", donde
figura este mapa
celeste que
representa el
modelo de
Ptolomeo.

del modelo de Ptolomeo permite que nos podamos hacer una idea del funcionamiento de este Universo con tan solo mirar una imagen: solamente hay que imaginarse la relojería en marcha.

La revolución Copernicana en el medioevo cambió la forma en la que se concebía el Universo. El Sol pasaba a ocupar el centro (esta idea ya había sido propuesta por Aristarco de Samos, contemporáneo de Ptolomeo, sin imponerse), se conservaba la circularidad de los elementos orbitales pero se eliminaban los epiciclos



astros

por CARLOS BARCELÓ (IAA)

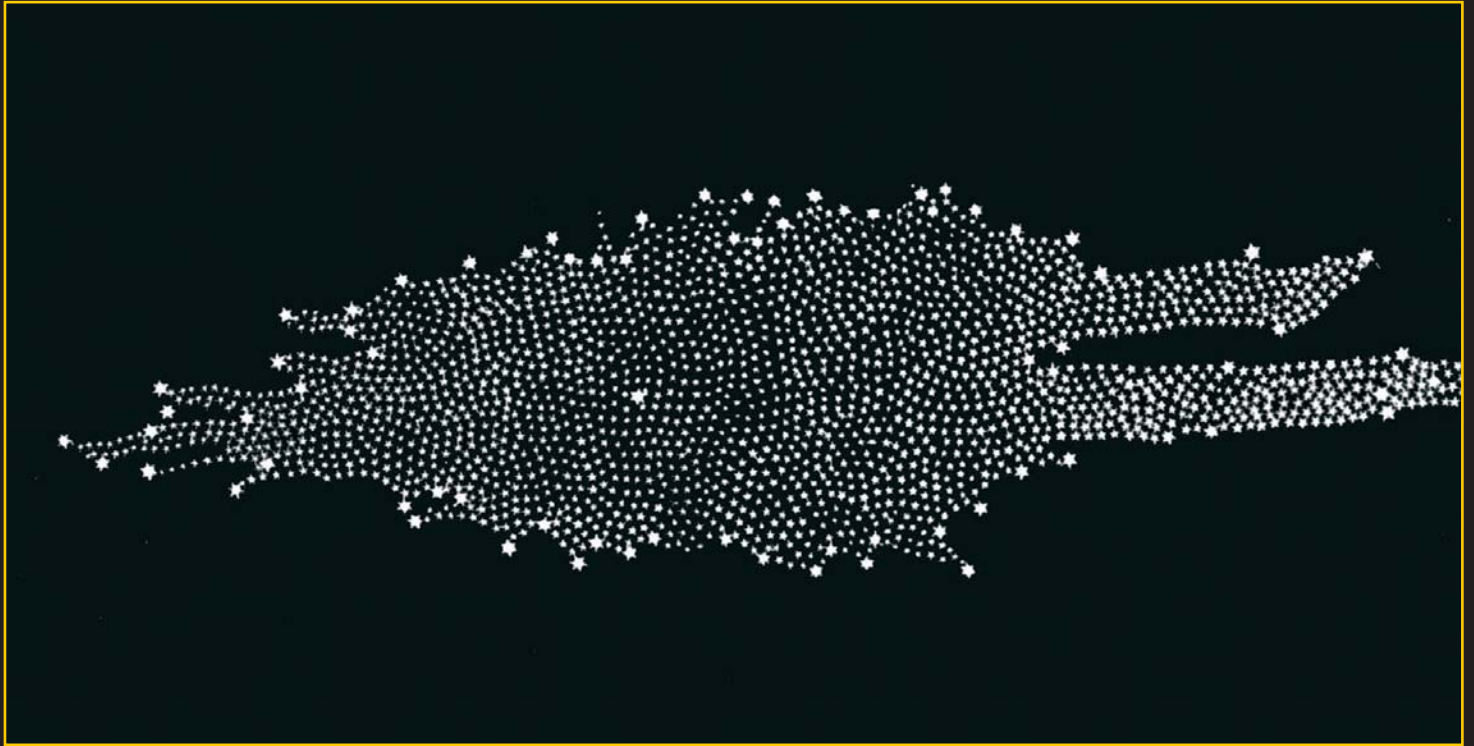
mayores. La Tierra pasaba a girar alrededor del Sol y de sí misma. Sin embargo, la regularidad en los movimientos se seguía manteniendo, por lo que una imagen seguía siendo suficiente para hacerse una idea de la relojería de la nueva concepción del Universo.

Tras Kepler y Newton se concluyó que las trayectorias en el universo no eran tan simples ni tan regulares. Las órbitas de los planetas alrededor del Sol no eran circulares sino elípticas, eso sin considerar los efectos de encuentros cercanos, y sus movimientos no eran regulares, sino que eran más rápidos en el perihelio que en el afelio (la zona de la órbita más cercana y más lejana al Sol respectivamente). La imagen de arriba a la derecha intenta representar la conceptualización newtoniana del universo. Una sola imagen aquí empieza a ser insuficiente para visualizar completamente la nueva

maquinaria, y necesitaríamos recurrir a una o varias películas de las que circulan por Internet para acercarnos a una representación fidedigna.

Más recientemente, la ya casi centenaria revolución relativista nos ha enseñado que los movimientos planetarios son aún más sofisticados. Las órbitas elípticas precesan (sus ejes giran en el espacio), los movimientos adquieren una pequeña ralentización en las cercanías solares, las órbitas espirales se hacen posibles. Ya no basta una imagen sin imaginación, estamos en el territorio de la cuarta dimensión.

FOTO2
 Concepción
 artística del
 Sistema
 Solar.
 Fuente:
 NASA.



La VÍA LÁCTEA

por EMILIO J. ALFARO (IAA)

¿Una estrella vista por un niño, un logo comercial, una ameba? La imagen superior podría admitir múltiples interpretaciones, pero su autor quiso representar el primer esquema de nuestra Galaxia obtenido por él mismo a través del conteo de estrellas en diferentes direcciones. Un dibujo que puede parecer ingenuo pero que engloba y resume el nivel científico y tecnológico del mundo occidental a finales del siglo XVIII.

En 1781, Williams Frederick Herschel, un músico de Hannover devenido en astrónomo había alcanzado la gloria con el descubrimiento del planeta Urano. Su fama desbordó los márgenes del mundo académico para convertirlo en un héroe popular y su descubrimiento se debió principalmente a su habilidad y paciencia para pulir espejos con la adecuada precisión y a su disciplina y pasión por la observación astronómica. El telescopio con el que hizo este descubrimiento se convirtió en el instrumento más deseado por los observatorios europeos y dos ejemplares pueden todavía verse en la sede central del Observatorio Astronómico de Madrid, en el Parque del Retiro. Pero Herschel quería llegar más lejos y no cejó en su afán de pulir espejos más grandes y de diseñar monturas capaces de apuntar sus telescopios con mayor facilidad, estabilidad y precisión. En 1783 terminó un telescopio reflector de 6,5 metros de focal y casi cincuenta centímetros de diámetro que representaba un hito en el diseño y construcción de la

FOTO1
Esquema de la Vía Láctea propuesto por Herschel en 1785. Aunque partía de premisas erróneas, se consideró el modelo más acertado hasta bien entrado el siglo XIX.

montura. Con él estableció un programa científico destinado a determinar la forma y tamaño del sistema estelar donde estamos inmersos. Su principal resultado es la figura que estamos comentando, publicada en 1785.

La tarea de esbozar la forma y tamaño de cualquier estructura desde su interior y sin poder moverte por la misma es un problema casi detectivesco, de la misma naturaleza que el de la habitación cerrada. ¿Cómo se puede dibujar un plano de Londres si uno está plantado en *Trafalgar Square*?, ¿cuál es la dirección que debo tomar en un bosque para alcanzar su límite más cercano? La solución

de estos problemas requiere hipótesis que constriñan el número de variables y permitan una solución al menos parcial. Herschel adoptó las siguientes: 1) las estrellas están distribuidas uniformemente, 2) todas tienen el mismo brillo intrínseco y 3) mi telescopio alcanza el borde del sistema. Con estas premisas, el número de estrellas observadas en una determinada dirección es proporcional al cubo de la

⇒ Siglo XXI (2008)

DESPUÉS

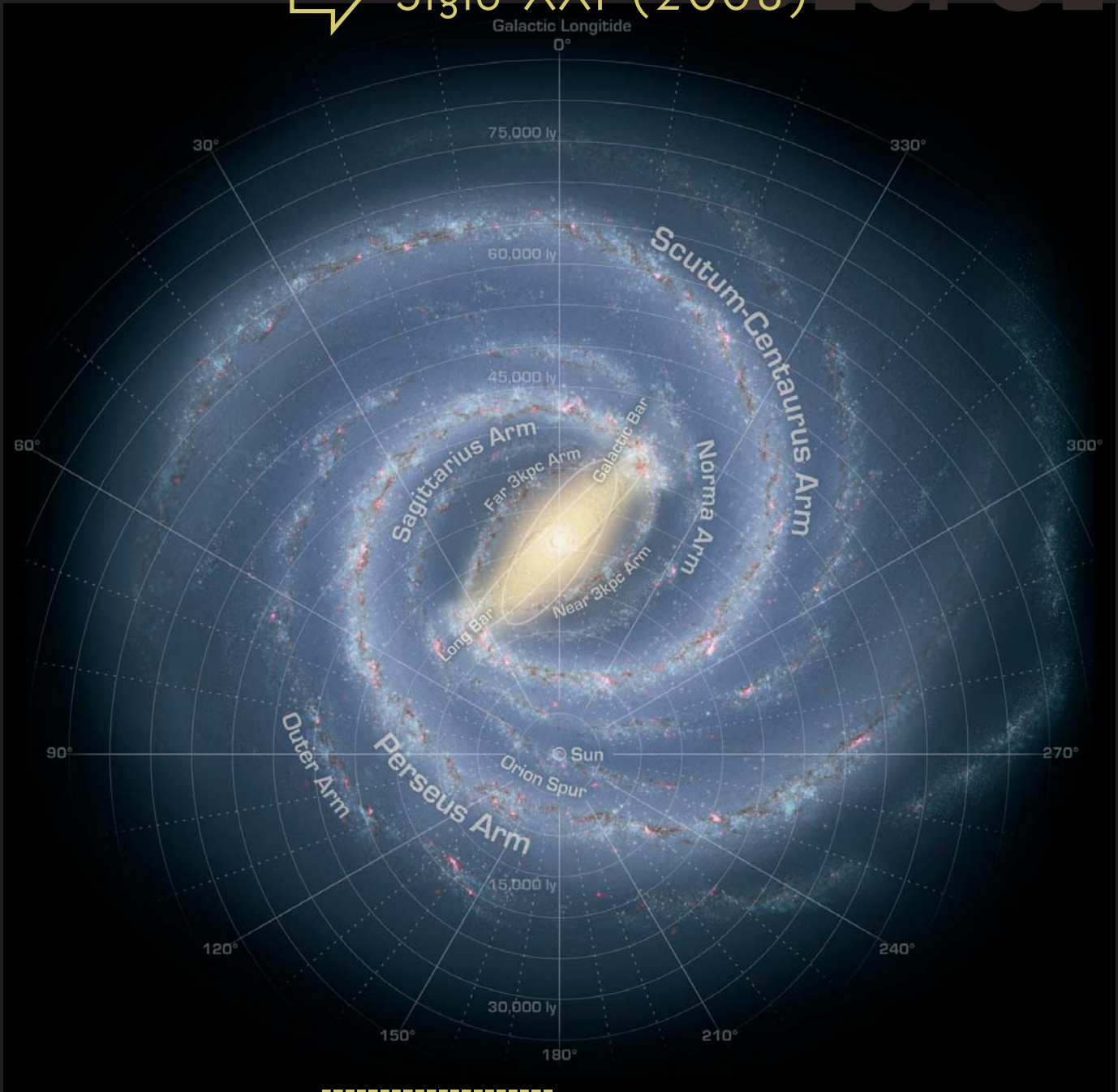


FOTO2

Concepción artística realizada a partir de imágenes en el infrarrojo del telescopio Spitzer (NASA). Se distinguen dos brazos mayores, el de Perseo y el de Escudo-Centaurus, y dos brazos menores, el de Sagitario y el de Norma. El Sol se halla en un brazo parcial, el de Orión. Fuente: NASA/JPL-Caltech.

distancia a la frontera de nuestra Galaxia.

Hoy sabemos que estas hipótesis están equivocadas, pero lo más inquietante es que Herschel lo supo desde 1789, cuando construyó un nuevo telescopio que penetró más profundamente. Así supo que anteriormente no había alcanzado las fronteras de la Galaxia y que las estrellas se arraciman en cúmulos con mayor frecuencia que la permitida por su primera hipótesis. Sin embargo este esquema fue reproducido en algunos

libros como el mejor modelo de nuestra Galaxia hasta bien entrado el siglo XIX. La imagen que vemos sobre estas líneas constituye nuestra mejor visión actual de la estructura espacial de la Vía Láctea. Dos hechos, a mi entender, han conformado el éxito en la determinación de este esquema: a) desde 1923 sabemos que existen otros sistemas estelares de tamaño similar al nuestro que están situados a enormes distancias y de los que tenemos cada vez mejores imágenes; es decir, podemos vernos representados en la foto de los primos y b) desde 1982 hemos abandonado el enfoque de obtener la función de distribución estelar desde dentro, a partir del conteo de estrellas, por la más exitosa aproximación de fijar un modelo matemático de la distribución estelar, basado en la observación de galaxias lejanas, donde el conteo estelar sólo nos fija el valor de los parámetros que mejor lo ajustan.

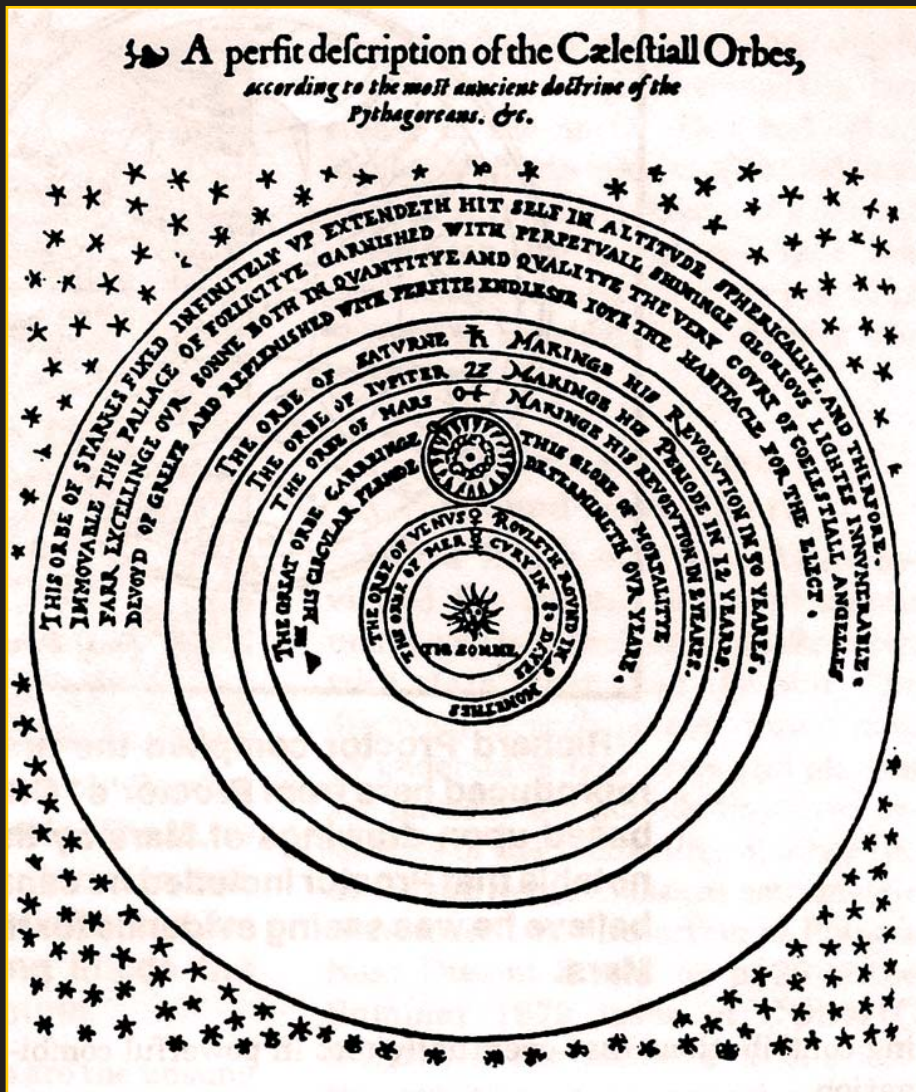


FOTO1 (izda.)
El sistema copernicano publicado por Thomas Digges en 1576 en *Perfit description of the coelestiall orbes*. Según Digges, la esfera de las estrellas fijas "se extiende infinitamente en altitud".



La ESFERA de estrellas f

En el sistema del mundo de los antiguos griegos, la esfera de las estrellas fijas es la octava de una serie de esferas concéntricas y transparentes que giran en torno a una Tierra fija e inmóvil. Cada una de las otras siete arrastran consigo los astros vagabundos que, a ojo desnudo, se pueden observar en el cielo: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno. Con el modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico publicado en 1543, el Sol pasa a ocupar el lugar central, pero la esfera de las estrellas fijas se mantiene. Sólo treinta y tres años después, Thomas Digges publica en Inglaterra una versión del sistema del mundo copernicano en la que la esfera de las estrellas fijas "se extiende infinitamente en altitud". Esta imagen sintetiza los conocimientos astronómicos más modernos de la época con una idea del Universo infinito y sin fronteras que también se gestó en la antigua Grecia, primero con Demócrito y los atomistas y más tarde con Epicuro de Samos. La imagen de Digges ejerce una notable influencia

en la cosmología de Giordano Bruno, la defensa de la cual le costó la muerte en la hoguera en 1600. Esta idea, en cambio, aterraba a otros astrónomos de la época como Johannes Kepler que, en sus *Conversaciones con el Mensajero de las Estrellas*, escritas en 1610 como respuesta al manuscrito de Galileo, aseveraba: "No dudo en declarar que hay alrededor de 10.000 estrellas visibles. Cuantas más hay, más fuerte es mi argumento contra la infinitud del universo...si el cosmos se extendiera sin fin la bóveda celeste brillaría como el sol...este mundo nuestro no pertenece a un enjambre indiferenciado de incontables universos". Kepler se une por tanto a la tradición griega de los estoicos, escuela fundada en Atenas por Zenón y que defiende un Cosmos finito. La idea de un Cosmos finito de estrellas es avallada en el siglo XX por astrónomos como Harlow Shapley, para quien todo lo que vemos en el cielo forma parte de una Gran Galaxia que, con unos trescientos mil años luz de diá-



fijas

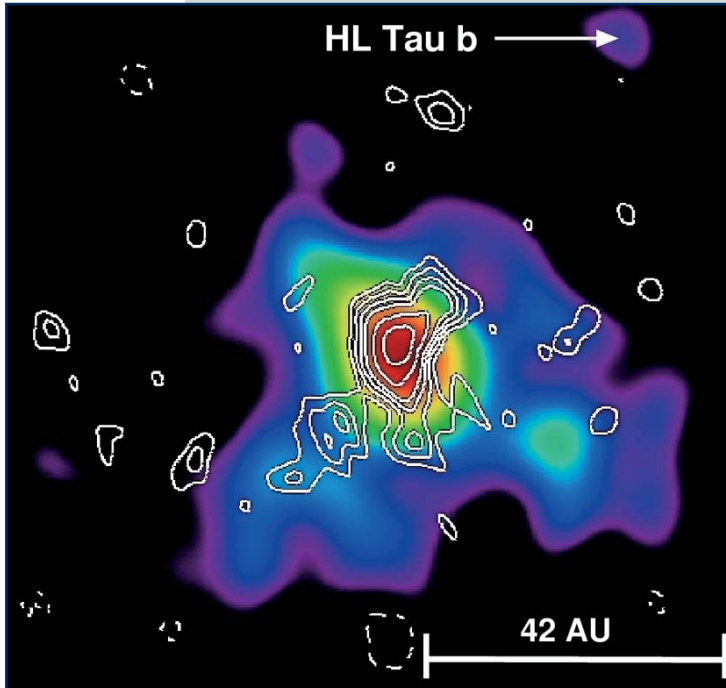
por VICENT J. MARTÍNEZ
(*Observatori Astronòmic de la Universitat de València*)

metro, sería como una inmensa isla solitaria de estrellas en un océano vacío de extensión infinita. Shapley ve desmontada su imagen del Cosmos cuando el 1 de enero de 1925 oye cómo Henry N. Russell lee la comunicación que Edwin P. Hubble ha enviado a la reunión conjunta de la Sociedad Americana de Astronomía y la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, en la que claramente prueba que Andrómeda (M31) es una galaxia como la Vía Láctea y que se encuentra mucho más allá de los límites que proponía Shapley

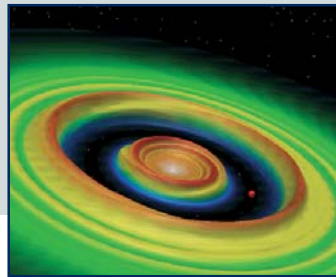
FOTO2 (arriba)
Fragmento del campo ultra profundo del Hubble, la imagen más profunda del Universo obtenida hasta la fecha.

para la Gran Galaxia. Este descubrimiento cambió radicalmente la concepción de los astrónomos sobre las dimensiones del Universo y su contenido. A los pocos años ya se conocían centenares de galaxias en nuestro entorno local. Los sucesivos cartografiados del Cosmos realizados con telescopios cada vez más potentes nos muestran un Universo observable cuyos ladrillos fundamentales son centenares de miles de millones de galaxias. La imagen más profunda la captó en 2004 el telescopio espacial Hubble con la cámara ACS. En una región del cielo de 3'.4x3'.4 son visibles más de diez mil galaxias, algunas de las cuales emitieron la luz que hoy captamos cuando la edad del Universo era de tan solo mil millones de años. En esa imagen podemos apreciar que la morfología de las galaxias más remotas es muy diferente de las que encontramos en nuestro entorno más próximo, evidenciando un Universo en evolución, en concordancia con el modelo del Big Bang.

Se cuestiona la existencia del planeta más joven descubierto



Nuevos datos obtenidos por investigadores del IAA y de la UNAM ponen en duda que HL Tau b sea un planeta en formación



Izda: Imagen de la emisión en radio del disco protoplanetario de HL Tau. Las líneas blancas acotan las regiones donde se ha detectado emisión en longitudes de onda cortas, que muestran inequívocamente la existencia de polvo, ingrediente esencial para la formación de planetas. Fuente: IAA/UNAM.

Arriba: Simulación de la formación de un planeta en el disco protoplanetario, donde puede observarse el surco de material evacuado por el planeta en formación. Fuente: Geoffrey Bryden (*Jet Propulsion Lab*).

UNAM analizó de nuevo aquellas observaciones y las comparó con datos adicionales en longitudes de onda más cortas, que permiten identificar sin ambigüedades la presencia de polvo, ingrediente esencial para la formación de planetas. Sin embargo, estos nuevos datos muestran que la naturaleza de la emisión que encontraron en 2008 no corresponde a lo que se espera para un protoplaneta y que incluso podría tratarse de una estrella compañera. "Nuestros nuevos datos sugieren que HL Tau b, si existe, no está compuesto de un material frío como el polvo que forman los planetas, sino que se trataría de un material mucho más caliente, más parecido al que se ha encontrado en las cercanías de las estrellas en formación" apunta Luis Felipe Rodríguez (UNAM). "Gran parte de las estrellas se forman en pares o sistemas múltiples. La distancia a la que se encontró HL Tau b es más típica de estrellas compañeras que de planetas en formación".

Este nuevo estudio también ha permitido descubrir nuevos signos de formación planetaria en el disco de HL Tau. "Donde sí hallamos la huella de un planeta en formación es en las regiones más internas del disco", comenta Carlos Carrasco-González (IAA/UNAM). "Se espera que los planetas aparezcan en las regiones del disco más cercanas a la estrella porque es ahí donde hay más cantidad de material para formarlos. Una vez se forma una pequeña acumulación de polvo, es decir, el germen de un planeta, este va quitando material al disco para seguir creciendo. El resultado es un surco en el disco que sigue la órbita del protoplaneta. Y eso es precisamente lo que hemos encontrado a una distancia de 10 AU, similar a la que separa a Saturno del Sol, y que tendremos que confirmar en futuras observaciones".

► Un grupo internacional de astrónomos formado por Carlos Carrasco-González y Guillem Anglada del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), y por Luis Felipe Rodríguez y Salvador Curiel de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ha publicado un estudio sobre HL Tau, una estrella muy joven con un disco de gas y polvo inusualmente masivo y brillante, que constituye el escenario idóneo para la búsqueda de planetas en formación. Los investigadores concluyeron que la región donde un grupo de astrónomos británicos situaba en 2008 el planeta más joven descubierto (HL Tau b) no alberga ninguna condensación de polvo, requisito indispensable para la existencia de un protoplaneta. En cambio, sí hallaron una inestabilidad en zonas más internas del disco, posiblemente producto del acrecimiento de materia por un planeta en formación. El estudio se realizó con el conjunto de radiotelescopios denominado *Very Large Array* (VLA) del *National Radio Astronomy Observatory* (NRAO) de EEUU y se publicó en

The Astrophysical Journal Letters. "Con este estudio mostramos que aquel resultado fue precipitado", señala Guillem Anglada (IAA-CSIC). "El supuesto planeta estaría demasiado lejos de la estrella, si tomamos como análogo el Sistema Solar. Pensamos que a esa distancia la densidad de material en el disco de la estrella es demasiado baja para poder formar planetas, y nuestros datos confirman que no hay indicios de tal planeta".

Una estrella muy estudiada

Desde que en 1983 se anunciara la existencia de un disco de gas y polvo en torno a HL Tau, esta estrella ha sido objeto de numerosos estudios. Con una edad estimada de unos cien mil años -en comparación, el Sol tiene unos 4.500 millones de años-, HL Tau es una estrella muy joven que aún no quema hidrógeno en el núcleo, hecho que determina su paso a la etapa adulta. Se sospecha que muchas de estas estrellas jóvenes tienen discos de gas y polvo a su alrededor, los llamados discos protoplanetarios, que pueden ser el germen de un sistema de planetas.

Sin embargo, todavía son pocas las imágenes de estos discos que muestren de forma concluyente la formación de planetas.

En 2008, un grupo de investigadores británicos publicaba el hallazgo de un exceso de emisión en un punto del disco de HL Tau a unas 65 unidades astronómicas de la estrella (el doble de la distancia del Sol a Neptuno, el planeta más alejado del Sistema Solar), que se interpretó como un planeta en sus primeras fases de formación. El descubrimiento remitía a un resultado de 2004 que indicaba la existencia de una "nebulosidad" en la misma región, que los datos de 2008 revelaban como "una bola de gas y polvo diferenciada, que es exactamente la apariencia que debería tener un protoplaneta muy joven", según señalaba una autora del trabajo. La propuesta del protoplaneta HL Tau b se apoyaba también en una simulación numérica, que mostraba cómo un objeto similar al hallado se podía formar a esa distancia de la estrella. En un intento por obtener más información acerca de este planeta, el grupo de astrónomos del IAA y de la

La misión Kepler despeg

Científicos españoles trabajarán con los datos que genere esta ambiciosa misión

► La NASA lanzó el pasado marzo el satélite Kepler, una misión diseñada con el objetivo de responder a una pregunta fundamental: ¿Existen planetas del tamaño de la Tierra girando alrededor de otras estrellas? Para ello, el satélite está equipado con un gran telescopio que medirá las variaciones de brillo de 170.000 estrellas de forma simultánea y continua durante un período de, al menos, tres años y medio.

Kepler utilizará el método de los tránsitos, que consiste en medir las variaciones de brillo producidas en las estrellas cuando un planeta pasa por delante de ellas. Gracias a este método no sólo detectará la existencia de planetas, sino que también medirá las oscilaciones estelares, un fenómeno parecido a los terremotos terrestres que, en

este caso, se produce por el movimiento del gas dentro de las estrellas. El análisis de estas oscilaciones, que se conoce como astrosismología, ofrece información sobre la edad de las estrellas, su composición química, rotación y evolución.

Kepler medirá los periodos exactos de las oscilaciones, que pueden extenderse semanas, meses e incluso años, y los astrónomos emplearán técnicas sísmicas para sondear las muestras de un gran número de estrellas. Los científicos de la misión esperan responder una serie de preguntas sobre las estrellas de nuestra Galaxia, como: ¿Qué edad tiene las estrellas? ¿Cómo evolucionan? ¿Es el Sol una estrella típica? ¿Cómo se comporta la materia bajo las condiciones extremas que se dan en las

estrellas? La calidad de los datos de Kepler y el gran número de estrellas observadas conducirán sin duda a importantes avances en la comprensión de la evolución estelar.

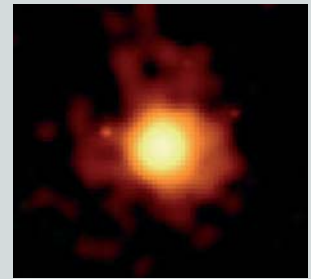
Durante sus primeros nueve meses en órbita, Kepler estudiará las oscilaciones de más de cinco mil estrellas. De esta primera muestra se extraerán mil cien estrellas, que se continuarán estudiando en detalle durante el resto de la misión. La precisión de Kepler para medir las oscilaciones estelares es tan alta que el equipo científico espera ser testigo directo del cambio de las estrellas conforme estas envejecen.

Consortio internacional

A fin de permitir a científicos de todo el mundo participar en el análisis de la enorme base de datos que el satélite proporcionará, se ha creado el consorcio científico *Kepler Asteroseismic Science Consortium* (KASC), que agrupa a más de doscientos investigadores de cincuenta instituciones de todo el mundo.

Astrónomos del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) participarán en el análisis de este valioso conjunto de datos como miembros activos del *Kepler Asteroseismic Science Consortium*. La experiencia de estos centros se utilizará para extraer información sísmica detallada de las estrellas observadas por Kepler.

EN BREVE



El objeto más lejano

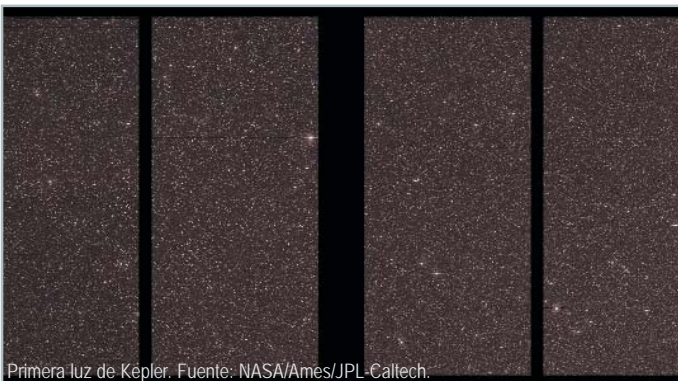
► El satélite SWIFT (NASA) ha detectado una explosión de rayos gamma (GRB 090423) procedente de los mismísimos confines del Universo: se cree que el estallido, producido por la muerte de una estrella perteneciente a una de las primeras generaciones, tuvo lugar hace más de 13.000 millones de años, cuando el Universo tenía menos del 5% de su edad actual.

La imagen superior es una composición de datos en ultravioleta y óptico de SWIFT y de telescopios de rayos X. No se detectó contrapartida en el óptico. Fuente: NASA/Swift/Stefan Immler.



Colisión de agujeros negros

► En marzo, astrónomos americanos publicaban en *Nature* el hallazgo de dos agujeros negros supermasivos girando uno en torno al otro a una velocidad de unos seis mil kilómetros por segundo. Al revisar imágenes y datos espectrales de miles de galaxias obtenidas por el *Sloan Digital Sky Survey* hallaron un cuásar -una galaxia lejana con un agujero negro supermasivo en su centro- que presentaba líneas de hidrógeno gemelas en su espectro. Estas líneas apuntan a dos agujeros negros separados por una distancia de 0,3 años luz.

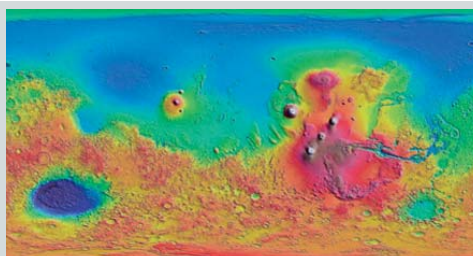


Primera luz de Kepler. Fuente: NASA/Ames/JPL-Caltech.

EN BREVE

¿Borró una colisión el campo magnético de Marte?

► Los análisis magnéticos de la superficie marciana indican que, cuando Marte tenía unos 500 millones de años, su campo magnético se evaporó. El campo magnético de un planeta se produce porque, en el núcleo, el hierro caliente desciende y el frío asciende (ocurre lo mismo con el agua en una cazuela hirviendo). Se sabe que este fenómeno, llamado convección, es lo que induce el campo magnético, pero los científicos no tienen muy claro qué puede hacerlo desaparecer. En el caso de Marte, una teoría apunta al Intenso Bombardeo Tardío, un período de unos cien millones de años en el que asteroides de gran tamaño colisio-

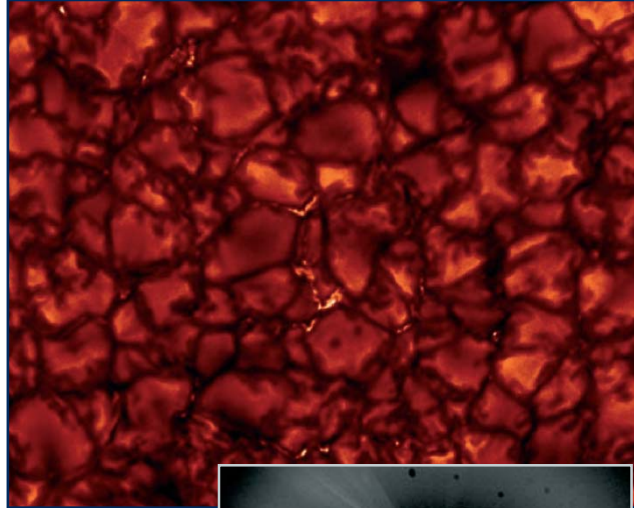


naron con los planetas interiores del Sistema Solar. Un estudio ha modelado los efectos del calor producido por un fuerte impacto para comprobar si un fenómeno así podría haber alterado la convección del núcleo y detenido el campo magnético. Aunque los resultados son positivos, sigue sin haber unanimidad: algunos científicos piensan que el campo magnético pudo desaparecer sin factores externos.

¿Por qué la corona solar está tan caliente?

La clave parece hallarse en las ondas Alfvén, un tipo de oscilaciones que transportan la energía hasta la corona

► Científicos de la Universidad de Sheffield y de la Universidad Queen's de Belfast publicaban en el número de marzo de la revista *Science* el descubrimiento de un tipo de ondas que explicarían una de las mayores incógnitas del Sol: por qué, si la temperatura de la superficie del Sol es de unos 6000 grados, su "atmósfera" (la corona), en lugar de presentar una temperatura menor, puede superar el millón de grados. El equipo investigador empleó el Telescopio Solar Sueco en la isla de La Palma para buscar oscilaciones magnéticas a gran escala en la turbulenta atmósfera solar, un tipo de oscilaciones llamadas ondas Alfvén que transportan la energía hasta la corona solar, donde se manifiesta en forma de calor. La existencia de este fenómeno, propuesto en 1942 por Hannes Alfvén, ganador del premio Nobel por su trabajo en este campo, aún no estaba respaldada por evidencias sólidas.



Arriba, detalle de la superficie del Sol, donde se aprecian puntos más brillantes que corresponden a concentraciones de campo magnético. A la izquierda, la corona solar vista durante un eclipse de Sol.

"A diferencia de las ondas producidas al tirar una piedra a un estanque, las ondas Alfvén son completamente invisibles para el ojo humano -comentó David Jess, uno de los investigadores. Sólo examinando los

movimientos y velocidades de las estructuras en la agitada atmósfera solar hemos podido, por primera vez, detectar estas elusivas ondas". Las ondas se han hallado en concentraciones del campo magnético,

también conocidas como tubos de flujo magnético, en la atmósfera solar. Podemos visualizar un tubo de flujo magnético como una cuerda elástica retorcida en su base por un movimiento cortante. Las ondas Alfvén, generadas por un movimiento de torsión en el tubo, se propagan hacia arriba desde la superficie solar con una velocidad media de unos veinte kilómetros por segundo y acumulan la energía suficiente para calentar el plasma hasta temperaturas de varios millones de grados. Las ondas Alfvén detectadas se asocian a una región solar con alta concentración de campo magnético, con un tamaño que dobla de el las islas británicas. El fortísimo campo magnético se manifiesta como puntos muy brillantes y fugaces (no llegan a las dos horas).

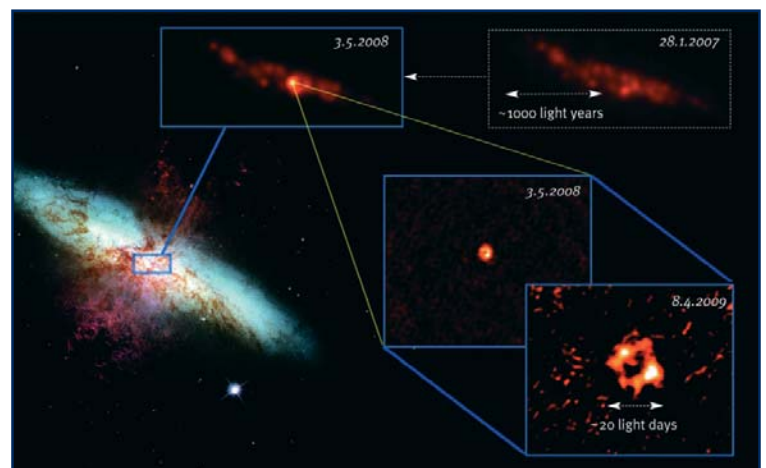
"Comprender la actividad solar y su influencia en el clima terrestre es vital para la especie humana -añade Mihalis Mathioudakis, coautor de la investigación. El Sol no es tan tranquilo como muchos piensan. La corona solar, visible desde Tierra sólo en los eclipses solares, constituye un ambiente muy dinámico que puede presentar erupciones repentinas, liberando la energía equivalente a diez mil millones de bombas atómicas. Nuestro estudio supone un avance en la comprensión de cómo la corona, a más de un millón de grados de temperatura, desencadena fenómenos semejantes".

Silbia López de Lacalle (IAA)

La "anhelada" supernova en M82

► La galaxia M82 está situada a doce millones de años luz. En su núcleo, en una región con un tamaño de unos cientos de años luz, existe un brote de formación estelar muy intenso en el que se han detectado más de cincuenta remanentes de supernova. Asumiendo para todos ellos una velocidad de expansión constante de 10.000 km/s, se ha podido determinar un ritmo de explosión de 0.07 supernovas por año o una supernova cada 14 años aproximadamente. Desde hace más de veinticinco años, los astrónomos esperaban la explo-

sión de una nueva supernova en M82, pero ¡el estallido no se producía! Hasta que un grupo internacional de astrónomos ha detectado en imágenes en radio tomadas en mayo de 2008 y abril de 2009 un nuevo objeto compacto, probablemente una radio supernova, cuya densidad de flujo ha disminuido de cien a once milijanskies en un año. Interpretando los datos de la curva de luz han podido determinar que la radio supernova es del tipo de colapso nuclear y que explotó entre enero y marzo de 2008. Con observaciones inter-



Imágenes en radio de la nueva supernova en M82 tomadas en mayo 2008 y abril de 2009 con la técnica de radiointerferometría (VLBI). Fuente: MPIfR, Bonn.

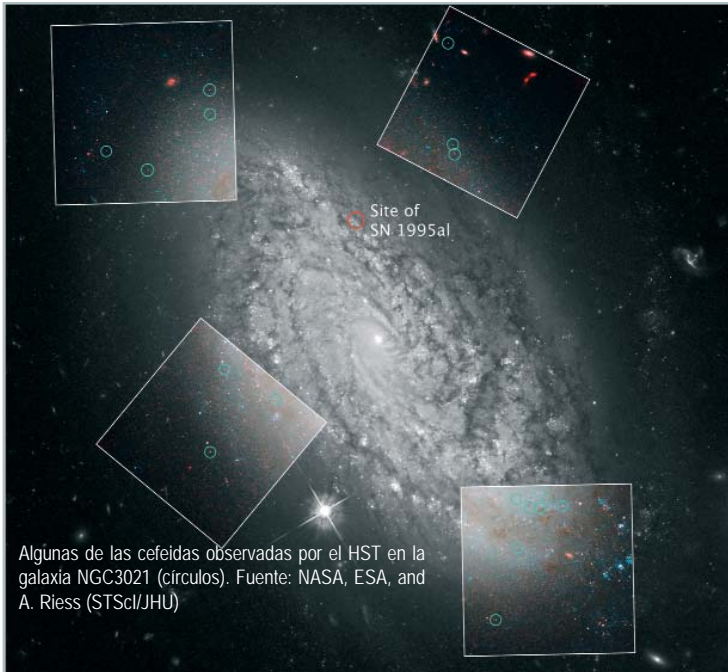
ferométricas de gran resolución angular han mostrado que se ha expandido a una velocidad de 12.000 km/s y que, un año después de la explosión, presenta una

estructura tipo "cáscara esférica" con un tamaño de 20 días luz (3000 Unidades Astronómicas). Dado que esta radio supernova no ha sido detectada ni en el óptico ni

en el ultravioleta, sabemos que ha explotado en una región en la que el medio interestelar es extremadamente denso.

Antxon Alberdi (IAA)

Una constante de Hubble más ajustada



Algunas de las cefeidas observadas por el HST en la galaxia NGC3021 (círculos). Fuente: NASA, ESA, and A. Riess (STScI/JHU)

► La constante de Hubble, que relaciona la distancia de las galaxias con la velocidad a la que se alejan, ha sido objeto de intensas discusiones desde que se descubrió, en 1929, que el Universo se expandía. Se mide en kilómetros por segundo por megaparsec (un megaparsec - Mpc- es algo más de tres millones de años luz), de modo que si la constante fuera 50 km/s/Mpc, una galaxia situada a diez megaparsecs de distancia se alejaría a una velocidad de 500 kilómetros por segundo. Las medidas más precisas de esta constante se han obtenido gracias al Telescopio Espacial Hubble (HST), que nuevamente ha refinado los datos gracias a observaciones de estrellas cefeidas. Las variables cefeidas constituyen un patrón de medida de distancias muy empleado porque sus periodos de pulsación permiten conocer su luminosidad (o brillo intrínseco) y, al compararlo con el brillo aparente (el que nos llega),

se obtiene la distancia. Los datos del Hubble han ofrecido una constante más precisa, $72,4 (\pm 3,6)$ km/s/Mpc, gracias a la observación en el infrarrojo cercano, un indicador de distancia mejor que el óptico, y porque todas las medidas provienen de un mismo telescopio y se evita el error producido por la comparación de datos de distintos telescopios.

Esta medida más precisa ha permitido limitar las propiedades de la energía oscura, una fuerza de naturaleza aún desconocida que provoca la expansión acelerada del Universo y que, a la luz de estos datos, sería matemáticamente pareja a la constante cosmológica propuesta por Einstein para evitar que el Universo se hundiera bajo su propia gravedad (y que eliminó cuando se descubrió la expansión del mismo). Según Adam Riess, jefe del grupo investigador, "si pones en una caja las posibilidades en las que la energía oscura difiere de la constan-

te cosmológica, esa caja sería ahora tres veces menor".

La constante inconstante

La primera estimación de la constante fue realizada por el mismo Hubble, que la fijó en 500 km/s/Mpc. La edad del Universo inferida a partir de sus cálculos era de dos mil millones de años, un cálculo que se topó con un escollo cuando el estudio radiactivo de las rocas terrestres desveló que la edad de nuestro planeta era ¡mil millones de años mayor que la del propio Universo! Ante esta incongruencia, Walter Baade realizó, en la década de los cincuenta, una serie de estudios con los que descubrió el origen del error: lo que Hubble tomó por "candelas estándar" -objetos cuya luminosidad no varía con la distancia- no eran estrellas individuales, sino cúmulos globulares, o agrupaciones de estrellas cuya luminosidad sí varía. A pesar de este avance, el debate prosiguió a cargo de, por un lado, Alan Sandage, cuya constante de Hubble descendió de 180 a 55 km/s/Mpc en apenas quince años, y, por otro, de Gerard de Vaucouleurs, que apostaba por un valor en torno a los 100 km/s/Mpc. La discusión se zanjó a finales del siglo pasado cuando un grupo de astrónomos empleó el Telescopio Espacial Hubble para establecer, con un margen pequeño de error, la constante de Hubble en 70 km/s/Mpc. La última medida refina, aún más, ese resultado.

Silbia López de Lacalle (IAA)

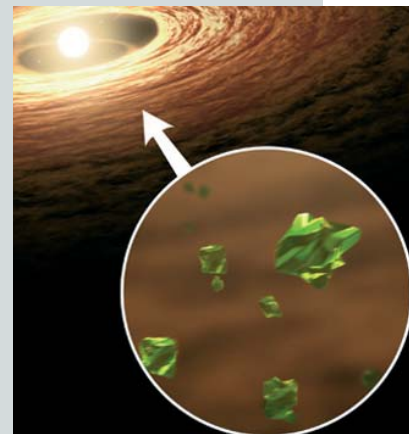
Según los últimos datos, equivale a $74,2 (\pm 3,6)$ kilómetros por segundo por megaparsec, lo que restringe las posibilidades sobre la naturaleza de la energía oscura

EN BREVE

El posible origen del polvo de los cometas

► Desde hace tiempo se conoce la existencia de polvo en los cometas, en unas cantidades tan abundantes que provocaron que dejaran de considerarse "bolas de nieve sucias" y pasaran a ser "bolas de suciedad heladas". Pero el origen de ese polvo constituía un enigma: el polvo (silicatos cristalizados) necesita mucho calor para formarse, y el entorno helado de los cometas indica que, o bien estos se formaron más cerca de las estrellas de lo que se cree, o esos silicatos fueron expulsados hacia regiones frías y lejanas.

Dos recientes publicaciones en la revista *Nature* apuntan a lo segundo: por un lado, gracias al Telescopio Espacial Spitzer, se observó cómo la joven estrella EX Lupi sufría una violenta erupción que aumentó su brillo unas cien veces y produjo el calor suficiente (unos 700 grados centígrados) para cristalizar los silicatos de las partes internas del disco protoplanetario a



NASA/JPL-Caltech

partir del que se formará su sistema de planetas. Si este estudio muestra cómo puede formarse el polvo, el segundo ilustra cómo llegaría a las regiones más externas del disco: astrónomos croatas han desarrollado un modelo que muestra que una combinación de viento solar y radiación infrarroja en la zona interior del disco puede expulsar los finos granos de polvo a distancias de miles de millones de kilómetros, hasta las regiones heladas del sistema.

Es habitual en Ciencia que a un nuevo descubrimiento le siga la apertura de una batería de nuevas incógnitas. Y que aquella gran infraestructura que se construyó para obtener respuesta a un problema concreto termine legando a la humanidad grandes avances poco relacionados con los objetivos iniciales. Tres ejemplos para ilustrar ambas paradojas: el acelerador de leptones LEP se construyó con la esperanza de encontrar el bosón de Higgs, algo que no ha conseguido, aunque sí ha introducido la física moderna en una fase de "precisión"; la misión espacial XMM-Newton de la ESA se diseñó para entender las estrellas binarias de rayos X, objetivo al que ha dedicado poco tiempo, en parte por el éxito de sus aportaciones en campos como las galaxias activas o los cúmulos de galaxias; y el propio telescopio espacial Hubble, cuyo objetivo principal, la medición de la constante de Hubble, se encuentra entre sus hitos científicos que ha pasado más desapercibido. Es muy importante que sean los objetivos científicos concretos los que guíen el diseño y la construcción de las grandes infraestructuras, pero no hay que perder de vista que la capacidad de explorar nuevo territorio y avanzar en aspectos insospechados son a menudo los valores más positivos de grandes laboratorios, observatorios y misiones espaciales.

Los objetivos de la astronomía para las próximas décadas, al menos en el contexto europeo, se discutieron y aprobaron en el marco de ASTRONET*. La lista es larga y sólo mencionaré aquí tres ejemplos que emanan de conocimientos adquiridos recientemente: caracterizar la energía oscura, componente mayoritaria del Universo que acelera su expansión; estudiar la física de la materia sometida al fortísimo campo gravitatorio creado por agujeros negros y buscar exoplanetas en la zona habitable así como huellas de actividad biológica fuera de la Tierra. Cualquiera de esos ambiciosos objetivos requiere ya de por sí una combinación de infraestructuras que no tenemos en la actualidad. ASTRONET ha producido también una hoja de ruta de las infraestructuras necesarias para alcanzar los retos de la astronomía en las próximas décadas. En dicha hoja de ruta, sobresalen de forma prominente IXO

(*International X-ray Observatory*), el observatorio espacial de ondas gravitatorias LISA, el CTA (*Cerenkov Telescope Array*), el EELT (*European Extremely Large Telescope*), el SKA (*Square Kilometre Array*) - las dos últimas también en el mapa ESFRI-, el EST (*European Solar Observatory*), *Solar Orbiter*, una misión al sistema joviano y un programa de exploración de Marte.

Construir esa plétera de herramientas va a costar no sólo dinero y dedicación de una comunidad de astrónomos entusiastas, sino una serie de avances tecnológicos que van a suponer un valor añadido en sí mismo. Tecnologías como el vuelo en formación con precisión exquisita, el manejo de telescopios ópticos segmentados con un millar de espejos, la aplicación de óptica adaptativa con un espejo corrector de cuatro metros, el desarrollo de óptica ligera para poder embarcar en misiones espaciales, penetrar en la capa de hielo que recubre el océano líquido y potencialmente habitable en Europa (luna de Júpiter), o la fabricación de detectores criogénicos ultrasensibles que operen a menos de 100 mK, son retos que habrá que dominar antes de poder embarcarnos en la construcción de las infraestructuras que necesitamos. Para ello es imprescindible que la prospectiva científica de cara a esos nuevos proyectos venga acompañada por un esfuerzo fundamental y básico en el desarrollo de esas tecnologías, a pesar de que muchas veces esa actividad es una travesía en el desierto en la que no se producen resultados científicos y ni tan siquiera se ve siempre la luz al final del túnel. Sin estas tecnologías, nunca estaremos en primera línea cuando surja una oportunidad.

Si hacemos todo esto, y lo hacemos bien, a lo mejor no conseguimos saber qué es la energía oscura o no encontramos metano y ozono en la atmósfera de ningún exoplaneta, pero seguro que por el camino habremos respondido a tantas cuestiones y habremos abierto tantos interrogantes que el esfuerzo habrá valido la pena.

XAVIER BARCONS ES PROFESOR DE INVESTIGACIÓN DEL CSIC EN EL INSTITUTO DE FÍSICA DE CANTABRIA (CSIC-UC), Y COORDINADOR DE LA RED DE INFRAESTRUCTURAS EN ASTRONOMÍA (RIA).

*ASTRONET es una *European Research Area Network*, financiada por la Comisión Europea y con participación del Ministerio de Ciencia e Innovación.

congresos

IAA ACTIVIDADES

> GALAXIAS AISLADAS: NATURALEZA FRENTE A ENTORNO // 12-15 DE MAYO 09 // <http://amiga.iaa.es/CIG09> //

Desde los años 70 es bien conocido que dos terceras partes de las galaxias viven junto a otras formando pares, grupos y cúmulos. Su proximidad da lugar a interacciones o incluso colisiones, que afectan a su estructura y composición. Los astrónomos se preguntan cuánto influye el entorno en la evolución de las galaxias, y un punto de partida a la hora de buscar respuestas reside en el estudio de las galaxias aisladas, es decir, aquellas que apenas han sufrido interacciones. Además, existe otra herramienta que permite bucear en la historia de las galaxias: la luz de las más lejanas puede tardar millones de años en alcanzarnos, de modo que lo que



nos llega es la imagen de cómo eran en el pasado, cuando emitieron esa luz. Comparando entre sí las propie-

dades de las galaxias cercanas y lejanas puede obtenerse una visión general de la evolución galáctica.

En particular, en este congreso se combinó un estudio detallado, tanto teórico como observacional, de las galaxias aisladas, con el análisis de la evolución de las galaxias según su edad.

Lourdes Verdes-Montenegro, científica del IAA y organizadora del congreso, destaca que "se trata del primer congreso internacional sobre galaxias aisladas, un campo que está proporcionando un marco de referencia para diferenciar, en un simil biológico, lo que podría llamarse caracteres genéticos y adquiridos".

> WORKSHOP ON ROBOTIC AUTONOMOUS OBSERVATORIES // 18-21 DE MAYO 09 // <http://rts2.org/malaga/index.html> //

Más de setenta expertos se reunieron para debatir sobre el desarrollo y uso de telescopios robóticos, una tecnología que permite realizar observaciones en muy diversos campos de la Astrofísica sin apenas intervención

humana. La reunión surge con el objetivo de establecer un foro internacional donde compartir las ideas y avances más recientes en el campo, con especial énfasis en los resultados científicos y técnicos de los últimos cinco años.

Alberto J. Castro-Tirado, investigador del IAA y organizador del congreso apunta que "muchos campos de la Astrofísica se están beneficiando de este tipo de desarrollos, que permiten instalar telescopios en lugares remotos

como la Antártida". Castro-Tirado es responsable de la red de telescopios robóticos BOOTES, que ilustra algunas ventajas de estos telescopios, en este caso para el estudio de explosiones de rayos gamma: se hallan en comunicación constante con satélites espaciales, que identifican primero el fenómeno a observar. Cuando los telescopios robóticos reciben la información apuntan directamente hacia él y realizan el seguimiento.

AMPLIACIÓN DE LA RED BOOTES

En febrero se inauguró en Nueva Zelanda una nueva instalación astronómica que amplía la red de telescopios robóticos BOOTES (Burst Observer and Optical Transient Exploring System). BOOTES-3, situada en el Observatorio de Vintage Lane, cuenta con una lente de 60 cm de diámetro y una altísima velocidad de apuntado.

El proyecto BOOTES se desarrolla en Andalucía desde 1998, bajo la coordinación del IAA, en colaboración con otros centros astronómicos españoles y de la República Checa. El objetivo es el estudio de contrapartidas ópticas de las explosiones de rayos gamma identificadas por satélites espaciales. La estación neozelandesa se une a las ya existentes: BOOTES 1, en el Centro de Experimentación del Arenosillo (INTA), en Huelva, donde hay dos: BOOTES 1A y BOOTES 1B; y BOOTES 2, ubicado en la Estación Experimental de la Mayora (CSIC) en Málaga.



divulgación

100 HORAS DE ASTRONOMÍA EN EL IAA // 2-3 ABRIL //

El Instituto de Astrofísica de Andalucía se sumó al proyecto 100 horas de astronomía que, enmarcado en el Año Internacional de la Astronomía (AIA-IYA 2009), buscaba poner la observación del cielo al alcance de los ciudadanos.



El Instituto de Astrofísica de Andalucía preparó un programa de actividades para acercar los astros a los granadinos: por las mañanas, centros de educación secundaria disfrutaron de visitas guiadas que incluyen la observación con telescopios solares, talleres con espectroscopios caseros y conferencias, mientras que los estudiantes de primaria aprendieron a elaborar cohetes y conocieron los secretos del Cosmos en una charla divulgativa.

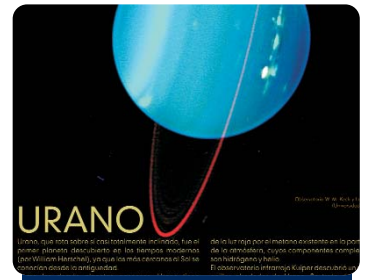
La mañana del viernes 3 de abril se retransmitió en directo desde el

IAA el programa de Radio Nacional España directo, y los visitantes pudieron observar de cerca cómo se elabora un espacio radiofónico.

El IAA mantuvo sus puertas abiertas de 9:00 a 22:00 los días 2 y 3 de abril para que todos los interesados puedan visitar la exposición fotográfica El Universo para que lo descubras, que ofrece una visión completa del Cosmos a través de imágenes.

Además, por las tardes tuvimos un programa de excepción: el jueves 2 matuvimos Conversaciones con Carl Sagan, actividad en la que astrónomos del IAA seleccionaron algunas incógnitas que, hace casi tres décadas, Carl Sagan planteaba en su famosa serie Cosmos y que han hallado respuesta desde su producción. Los asistentes, tras su conversación virtual con Sagan, asistieron a una noche de observación en directo gracias a una conexión remota con el Observatorio de la Sagra.

El viernes 3 de abril descubrimos la relación existente entre la astronomía y la extinción de los dinosaurios en una conferencia que se completó con una nueva noche de observación.



DESARROLLO TECNOLÓGICO

BELA

La altimetría láser es una poderosa técnica para recoger información topográfica tanto de las superficies planetarias como de la superficie terrestre, donde ha sido ampliamente utilizada alojando la instrumentación a bordo de aviones y satélites artificiales. La Agencia Espacial Americana, NASA, ha demostrado suficientemente la fiabilidad de este tipo de instrumentos en misiones de exploración planetaria como Mars Orbiter Laser Altimeter, MOLA y Mercury Laser Altimeter, MLA.

El primer altímetro láser europeo de exploración planetaria está siendo construido por un consorcio hispano-suizo-alemán y ha sido seleccionado por la Agencia Espacial Europea, ESA, dentro de la misión BepiColombo como uno de los instrumentos claves en su exploración del planeta Mercurio, permitiendo así la elaboración de un mapa topográfico de mayor

resolución (< 1 m) que los existentes. El instrumento BepiColombo Laser Altimeter, BELA, está concebido según el principio fundamental de la altimetría láser y utiliza un láser Nd:YAG de 50 mJ de energía que emite pulsos de 3 a 8 ns de duración con una frecuencia nominal de 10 Hz hacia la superficie del planeta. Los fotones reflejados -abarcando un área de 20-50 m- son captados con posterioridad por un telescopio de 20 cm de apertura y procesados digitalmente por la unidad central de procesos del instrumento a bordo del orbital. El tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del pulso dará información sobre la topografía del terreno.

Estos datos técnicos así como otras peculiaridades hacen este instrumento una herramienta única y mejorada en este campo. Estará compuesto por un telescopio y varias cajas de electrónica, su peso oscilará alrededor de 13 kg y consumirá una potencia máxima de 50 W. Asimismo, almacenará 35 Mbit de datos científicos por órbita que serán transmitidos a tierra a una velocidad de 4 kbit/s.

La colaboración, dentro del consorcio, del IAA-CSIC estará centrada en diseño y la construcción de una fuente de alimentación, PCM, de uso específico.

La PCM es una fuente de alimentación conmutada de alta eficiencia diseñada con tecnología discreta y cuyo modo de funcionamiento es la modulación de anchura de pulso, permitiendo por tanto una mayor flexibilidad en el diseño y una mejor adaptación a los requerimientos de voltajes, corriente y potencia del altímetro que no se encuentran de los sistemas modulares de uso espacial. La PCM genera diversos voltajes, que son filtrados para cumplir los requerimientos espaciales de conductividad, emisividad y susceptibilidad electromagnética, para alimentar a los otros subsistemas del instrumento.

La espacialización del diseño será llevada a cabo por EADS-CRISA y el aprovisionamiento de componentes espaciales será realizado por Alter, ambas con una reputada experiencia en el sector espacial.

José María Castro (IAA)

AGENDA

http://astronomia2009.es/agenda_de_actividades.html

Todavía nos queda por delante la mitad del Año Internacional de la Astronomía y la agenda de actividades de su web oficial constituye el sitio idóneo donde informarse o inscribir las actividades que se organizan en todo el país. Por ejemplo, el mes de julio ya tiene anunciadas más de setenta actividades, ¡busca la tuya!



Web oficial del AIA-IYA 2009, coordinada desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía.

RECOMENDADOS

ASTRONOMÍA EN EL PAÍS DIGITAL <http://www.elpais.com/especial/astronomia/>

El Sociedad Española de Astronomía (SEA) mantiene, con motivo del Año Internacional de la Astronomía, una fructífera colaboración con El País Digital, que cuenta con reportajes de divulgación, artículos sobre historia y grandes nombres de la astronomía, un glosario astronómico, una colección de imágenes, un "Mirador del cielo" que informa sobre los objetos que se pueden observar en el cielo, noticias, encuentros digitales, enlaces, etc. La colaboración está coordinada por Benjamín Montesinos (LAEFF-CAB/INTA-CSIC), y cada sección cuenta con coordinadores propios.



LIBROS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

El Área de Cultura Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con motivo del Año Internacional de la Astronomía, ha lanzado la segunda edición de los libros *Un viaje al Cosmos en 52 semanas* y *Clarooscuro del Universo*, ambos pertenecientes a la Colección Divulgación y coordinados desde del Instituto de Astrofísica de Andalucía. Pueden adquirirse a través de la editorial Los libros de la catarata www.catarata.org y en librerías o descargarse en formato pdf en la web del CSIC <http://www.csic.es/coleccionDivulgacion.do>



El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en colaboración con la editorial Los libros de la catarata, ha comenzado una nueva colección de libros de divulgación que, con el título *¿Qué sabemos de?*, tratará de temas de actualidad científica y publicará ocho títulos al año. De momento, ya están disponibles *El Alzheimer*, *Las matemáticas del sistema solar*, *El LHC y la frontera de la física* y *El jardín de las galaxias*. Pueden adquirirse en www.catarata.org y en librerías.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS EN EL IAA

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Emilio J. García (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: garcia@iaa.es).

