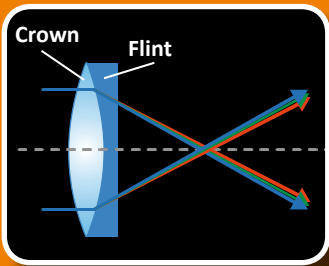


INVESTIGACIÓN

>> Hipatia, ciencia y filosofía en Alejandría



>> Del anteojo a la óptica adaptativa



.....
QUIÉNES SOMOS
Jardín Botánico de la
Universidad de
Málaga



.....
**ESPACIOS PARA LA
CIENCIA**
Real Instituto y
Observatorio de la
Armada

¿Qué estudian los astronautas?

Pedro Duque, el primer español en ir al espacio, analiza a través de su experiencia el presente y futuro de la ciencia y la investigación aeroespacial.





UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

uma.es



Campus Excelente en Investigación y Transferencia



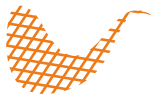
La Universidad de Málaga, con una ampliación de más de 1.200.000 m²,
construye la mayor Ciudad Universitaria de Andalucía.

Un conjunto de infraestructuras de primer nivel, que servirán de marco
para desarrollar docencia europea, investigación de calidad y
transferencia de conocimiento a la sociedad.

**ENSEÑANZA EUROPEA, DE CALIDAD, ACREDITADA
LA MAYOR CIUDAD UNIVERSITARIA DE ANDALUCÍA**



Año Internacional de la Astronomía 2009



Rosario Moreno-Torres Sánchez
SEDOC
Universidad de Málaga

Con el número 2 de *Uciencia* desde la Universidad de Málaga nos sumamos a la celebración del año 2009 como Año Internacional de la Astronomía (AIA). Con él conmemoramos que en 1609, hace 400 años, Galileo Galilei apuntó por primera vez al cielo con un telescopio, además de una segunda efeméride, la publicación de la *Astronomía Nova* del alemán Johannes Kepler.

En la historia de la humanidad hemos pasado, de contemplar el cielo estrellado y asombrarnos ante él, a viajar al espacio para estudiar y conocer nuestro planeta desde ese mismo cielo. Los astros del firmamento son asombrosos, pero no lo es menos el camino que el hombre ha ido recorriendo para conocerlos.

El imaginario colectivo en torno al universo está lleno de mitos, fantasías y leyendas que surgen tras su contemplación. Muchas de estas representaciones han llevado a la creación de imágenes artísticas y literarias llenas de belleza. Desafortunadamente, hay también todo un historial de supersticiones y falsedades unidas a la contemplación del firmamento y a la pregunta esencial del hombre: ¿cuál es nuestro lugar en él? No olvidemos que la historia de la astrología ha corrido paralela a la de la astronomía. De hecho, Kepler fue también famoso por sus predicciones y horóscopos.

La visión de AIA 2009 es “ayudar a las personas a redescubrir su lugar en el universo a través del cielo”, evidentemente, mirándolo desde las herramientas que nos da la ciencia. Los investigadores de la Universidad de Málaga, junto con el astronauta Pedro Duque, se unen a esta visión aportándonos los conocimientos a los que han llegado desde la astronomía y

ciencias afines, así como reflexiones sobre el proceso de investigación y pensamiento crítico que lleva a esos resultados, tal como reza el objetivo del mencionado Año.

Hablar del universo puede ser algo tremendamente complejo, pero podemos hacerlo más fácil tratando distintos aspectos que nos acercan a la comprensión del mismo y al entendimiento de las distintas tecnologías que permiten estudiarlo. Así, nuestros investigadores nos acercan a temas como la construcción de los telescopios, esos instrumentos que hacen posible mirar los astros más allá de las apariencias; al análisis de la leyes de Kepler; a las primeras formulaciones con base científica de la astronomía en la Grecia clásica o en la Alejandría tardoantigua; al uso de la robótica en el espacio en lo que respecta a la exploración planetaria; y a las expediciones espaciales que nos han permitido conocer la Tierra desde fuera.

El universo es de todos, pero ¿podemos participar todos de su estudio? ¿Tenemos algo que decir desde nuestro país? Aún más, ¿tenemos algo que aportar desde nuestra ciudad? La Sociedad Malagueña de Astronomía nos invita a participar como aficionados en la contemplación del cielo. De todos es sabida la contribución destacada que han tenido los aficionados a esta materia a nuestro conocimiento del cielo nocturno. En el ámbito universitario, nuestras escuelas de ingeniería están de enhorabuena; el mismo Pedro Duque nos comenta que en los foros internacionales es fácil oír “¿cómo es posible que los ingenieros españoles sean tan buenos?” En nuestra columna de patentes nos encontramos con una anécdota histórica que nos puede hacer reflexionar ¿sabían ustedes que el primer inventor del telescopio fue el español Joan Roget alrededor de 1590? Hemos sido y somos capaces de crear ciencia. Quizá ha llegado el momento de afirmar esta capacidad comunicando y difundiendo mejor la ciencia, en la que, por suerte, cada vez somos más protagonistas.

- 3 PRESENTACIÓN**
Año Internacional de la Astronomía 2009
- 6 QUIÉNES SOMOS**
Jardín Botánico de la Universidad de Málaga
- 8 ACTUALIDAD**
Noticias más destacadas del ámbito científico
- 12 FINANCIACIÓN**
Investigar en la Unión Europea
- 14 INVENTUM**
Patentes como motor de innovación
- 16 HABLAMOS DE...**
Fundamentos de la astronomía en Grecia
- 20 ENTREVISTA**
Pedro Duque. Astronauta
- 26 INVESTIGACIÓN**
Hipatia: ciencia y filosofía en la Alejandría tardoantigua
- 30** *Kepler, el matemático que pintaba órbitas planetarias*
- 34** *Del anteojo a la óptica adaptativa*
- 40** *Exploradores del universo a control remoto*
- 44 ACTIVIDADES**
VII Encuentros con la Ciencia
- 45** Sociedad Malagueña de Astronomía
- 46 ESPACIOS PARA LA CIENCIA**
Real Instituto y Observatorio de la Armada (San Fernando, Cádiz)
- 49 PUBLICACIONES**
Reseñas de publicaciones de divulgación científica e historia de la ciencia
- 50 ENLACES WEB**
Recursos en línea sobre divulgación



Presidente del Consejo Editorial
José Ángel Narvárez Bueno

Directora
Rosario Moreno-Torres Sánchez

Redacción y edición
Javier Sánchez Relinque

Diseño y maquetación
Aurora Álvarez Narvárez

Equipo técnico
Isabel Ortega Rodríguez (Documentación)
Alejandro Domínguez Fernández (Informática)

Colaboradores
Margarita Milán Velasco
Adolfo Linares Rueda
Aurelio Pérez Jiménez
Clelia Martínez Maza
Alberto Castellón Serrano
Antonio Puerta Notario
Víctor Muñoz Martínez
Enrique Víguera Mínguez
Ana Grande Pérez
José Lozano Castro
Teresa Cruz Sánchez

Edita
Vicerrectorado de Investigación
Servicio de Documentación y Divulgación Científica de la Universidad de Málaga

Edificio de Institutos Universitarios
c/ Severo Ochoa, 4.
Parque Tecnológico de Andalucía.
29590 Málaga
Telf: +34 952 13 72 18
sedoc@uma.es
www.uciencia.uma.es

Impresión
Imagraf

Depósito Legal
MA 2772 - 2009

ISSN 1889 - 7568



¿Qué te gustaría leer en el próximo número de Uciencia?
Cuéntanos tu opinión. Manda tu sugerencia a sedoc@uma.es

servicio de
documentación
y divulgación
científica





UGALLERY

>> Banco de imágenes para la divulgación científica

www.uciencia.uma.es/ugallery

¡Sube tus imágenes!
¡Sube tus imágenes!



Jardín Botánico de la Universidad de Málaga

>> Javier Sánchez Relinque
Uciencia

>> El edificio

Desde el pasado mes de mayo la comunidad universitaria dispone del Edificio del Jardín Botánico. Un lugar totalmente habilitado para la práctica de la investigación con dependencias dedicadas a la lectura -como la biblioteca-, sala de exposiciones, aulas y laboratorios.

Construido a partir de contenedores de transporte marítimo, los cimientos y la fachada de este edificio están íntegramente realizados con materiales reciclados. Un espacio ecológico en el que hasta el agua de riego procede de la lluvia.

Además, en él se alojan otras oficinas de la UMA como el Punto de Información Universitaria, la Cátedra UNESCO de Comunicación y la Asociación de Estudios Históricos de la Mujer, entre otros.

>> Instalaciones

La Universidad de Málaga (UMA) cuenta desde hace 16 años con este espacio que no sólo contagia a su campus de naturaleza, sino que también se ha convertido en un magnífico laboratorio al aire libre. El Jardín Botánico de la UMA es un laboratorio sin paredes, un lugar donde investigadores, alumnos y cualquier persona que lo visite estará en contacto con más de 1.000 plantas distintas.

El jardín cumple tres funciones básicas: la didáctica para explicar la variabilidad de los vegetales, la investigadora para la experimentación y el cultivo de plantas, y la conservación de especies amenazadas y endémicas.

En sus más de 10 hectáreas de extensión, que comprenden tanto la zona delimitada entre las facultades de Letras y Ciencias, como la vegetación presente a lo largo del boulevard central, se pueden apreciar especies procedentes de todos los continentes. El hibisco cubano, la araucaria de Nueva Zelanda o el Ombú de Suramérica son sólo una muestra de un completo jardín que ofrece al visitante varias zonas temáticas, como la de plantas fósiles, la de trepadoras o la parcela dedicada a la magnífica colección de cactus.

Un elemento que destaca por su arquitectura es el umbráculo. Esta estructura

metálica con forma de cúpula, muy poco común en los jardines botánicos, permite mantener en su interior una temperatura dos grados inferior a la del exterior. Por ello, en dicho espacio es posible el cultivo de variedades de sombra como los helechos o las gardenias.

Asimismo, y en sintonía con la función de conservación, entre las colecciones destacan las especies amenazadas como las del Cabo de Gata. Es el caso del *Antirrhinum charidemi* o Dragoncillo del Cabo, del *Lotus creticus* o el conocido como Barón de las playas. Existe, además, un lugar reservado para las plantas venenosas, útiles y medicinales, donde comparten espacio ejemplares tan interesantes como el Ricino, la Adelfa, la Lavanda o el Tomillo.

Sin duda, el Jardín Botánico es una apuesta por el medio ambiente, a través de un lugar lleno de vida y colorido que sirve de pulmón a un campus comprometido con la naturaleza.

>> Horario de visitas

El recinto expositivo del Jardín Botánico puede visitarse de lunes a viernes de 10:00 a 14:00 y de 15:00 a 18:00, a excepción del mes de agosto en el que cierra sus puertas.



1.



2.



5.



3.



4.



Fotos: Aurora Álvarez Narváez (Uciencia)

A la izquierda, edificio principal del Jardín Botánico de la Universidad de Málaga. 1. Cicas de Japón y Madagascar, entre otras. 2. Oleando amarillo (América tropical). 3. *Senecio kleiniiformis* Suess (Sudáfrica). 4. El jardín cuenta con una amplia variedad de rosas. 5. Umbráculo "Ibn Al-Baytar".



> **Especies importadas.** Entre las numerosas plantas que alberga el Jardín Botánico destaca una amplia colección de vegetación importada de otros países, como el Ombú o Árbol de la Bella Sombra cuyas semillas proceden de la isla de Cuba.



> **Pinos.** En este recorrido natural se encuentra una magnífica muestra de pinos de todo el planeta. Uno de ellos es la Araucaria, que a pesar de tener su origen en Nueva Zelanda, es muy común en algunas zonas orientales de la capital malagueña.



> **Desierto Cabo de Gata.** Las especies amenazadas son tratadas con mimo para su conservación. Este es el caso de las variedades procedentes del desierto de Cabo de Gata en Almería.



> **Cactus.** Las espinas también disponen de su espacio de la mano de diversas rocallas y colecciones dedicadas a las cactáceas, conocidas comúnmente como cactus.



>> Javier Sánchez Relinque
Uciencia



NEC Corporation ©

UNA MIRADA POLÍGLOTA

La compañía japonesa NEC Corporation ha presentado recientemente en el Tokio International Fórum unas gafas que traducen a nuestro idioma el contenido de la conversación que mantengamos con nuestro interlocutor.

Las Tele Scouter llevan incorporado un micrófono y una cámara que captarán las palabras y que luego procesará un pequeño ordenador acoplado a la montura. El proceso es el siguiente: a medida que la persona pronuncia palabras, estas son en-

viadas por dicho ordenador a un servidor en Internet que hará la labor de traducción de dicho sonido, convirtiéndolo a texto y proyectando el resultado a modo de subtítulo en la propia retina.

NEC, que aún trabaja en la versión de prototipo y en la mejora de la capacidad de traducción, prevé lanzar las gafas en noviembre de 2010 en packs de 30 y con un precio cercano a los 100 mil euros, a lo que habrá que sumar el coste de las aplicaciones de software personalizadas.

CONFIRMADO: HAY AGUA EN LA LUNA



Quizá en un futuro cada vez menos lejano el ser humano pueda vivir en la Luna. El primer paso para ello ya se ha dado: la NASA ha confirmado la existencia de agua en nuestro satélite.

El descubrimiento se ha realizado gracias al impacto de la sonda LCROSS en el cráter Cabeus, situado en el polo sur de la Luna, que levantó una nube de materiales para su posterior análisis.

En concreto, la zona de Cabeus no ha recibido luz solar en miles de millones de años, por lo que los científicos pudieron estudiar las partículas una vez estas absorbieron la luz solar tras el impacto. De esta forma, se ha podido realizar la medición espectrográfica de los materiales, así como, la detección del agua gracias a la luz infrarroja y ultravioleta.

Este hallazgo refuerza los planes de la NASA, que tiene planeado el envío de astronautas a la Luna alrededor de 2020, para fijar una base donde puedan vivir humanos de forma permanente.

EL PRIMER PAÑAL 'COMPOSTABLE' DEL MUNDO

Quizá no se le presta la atención que merecen, pero los pañales son un elemento contaminante a tener en cuenta. Además se potencia el cambio climático, ya que se calcula que por cada bebé se cortan unos diez árboles y se generan cuatro toneladas de basura. Por ello, Bebés Ecológicos, una empresa almeriense de productos ecológicos para los más pequeños, ha decidido apostar por el que sería el primer pañal compostable. "Este podría utilizarse como abono orgánico que

asimilaría perfectamente el entorno", aclara para Andalucía Investiga María Dolores Rubio, responsable de la firma que inició su andadura en 2003.

Una familia gasta una media de 2.500 a 3.000 euros por hijo, que se traduce en más de cinco mil unidades por niño en sus treinta primeros meses de vida.

"Por otra parte, señala Rubio, este pañal tarda 14 días en desaparecer de la tierra, mientras que uno estándar tardaría de 200 a 500 años".

Wikimedia Commons

¿SON MÁS GOLOSOS LOS ASESINOS?

Esta es la pregunta que se ha hecho un grupo de investigadores de la Universidad de Cardiff (Reino Unido) para comprobar si el consumo de azúcar y la violencia están relacionados.

El resultado del estudio, en el que han participado siete mil personas nacidas en 1970, ha revelado que los niños de diez años que consumen azúcares con frecuencia tienen más posibilidades de desarro-

llar actitudes violentas en la edad adulta. Entre las personas estudiadas, los que habían cometido algún tipo de delito eran en mayor porcentaje los que tenían un hábito alimenticio rico en dulces.

Quizá, explican los responsables, la causa, aunque no confirmada, se halle en que la conducta de estos niños sea más impulsiva y se base en la obtención del beneficio inmediato.



DIETA MEDITERRÁNEA CONTRA LA DEPRESIÓN

La depresión es la principal causa de incapacidad y pérdida de años de vida en el mundo. Aproximadamente el 15 por ciento de la población la sufre de forma grave al menos una vez en la vida.

La presencia de trastornos mentales es menor en países mediterráneos que en los del norte de Europa. La causa, según un estudio realizado por la Universidad de Navarra, puede encontrarse en lo que comemos. De hecho, la investigación revela que una dieta rica en aceite de oliva, frutas, verduras, legumbres, cereales y pescado, baja en cárnicos y con un consumo moderado de alcohol, puede reducir a la mitad el riesgo de depresión.

En este sentido, Miguel Ángel Martínez, responsable del proyecto SUN, en

el que se analizan los posibles beneficios de la gastronomía española en la prevención de enfermedades crónicas, señala que “gracias a este hallazgo, se abre una vía importante al conocimiento, con el objetivo de anticiparse a este grave problema de salud pública”.

Además, los investigadores afirman que es posible que la combinación de ácidos grasos omega 3, junto a otros ácidos grasos no saturados y antioxidantes como los del aceite de oliva, y la gran cantidad de folatos naturales y otras vitaminas del grupo B -todos ellos con fuerte presencia en nuestra dieta-, pueden ejercer un cierto grado de protección ante esta patología mental.

GAFAS PARA LEER EL INTERIOR DEL CEREBRO

La complejidad de nuestro cerebro ha motivado que uno de los principales obstáculos en su descifrado sea la dificultad para conseguir tecnología puntera para su estudio, a pesar de que en la última década se han realizado amplios progresos en el campo de la neurología.

El Centro de Investigaciones Médico-Sanitarias (CIMES) de la Universidad de Málaga (UMA), a través de su equipo de resonancia magnética, colabora con la empresa El Jardín de Junio en el registro de datos neuronales por medio de unas gafas que proyectan imágenes cerebrales.

La UMA dispone de una de las dos técnicas utilizadas en este campo de la neurología, la RMNf o resonancia magnética funcional, que como explica José Antonio Ruiz, coordinador de la Unidad de Imagen Molecular, “permite localizar qué parte del cerebro se activa al realizar cualquier acción”. Estas complejas gafas obtienen imágenes que traslada al equipo de resonancia, lo que posibilita investigar con un alto grado de concreción en áreas como la lectura y la memoria.

EL CÓDIGO DE BARRAS DE LA NATURALEZA



Con motivo del Año Internacional de la Biodiversidad 2010, el plan Iniciativa del Código de Barras de la Vida (IBOL) llevará a cabo una base de datos mundial donde se registrarán todos los seres vivos a partir de su secuencia de ADN.

El director científico del proyecto, el canadiense Paul Herbet, ha asegurado que “en 2050 se producirá una disminución del 11 por ciento de la diversidad de flora y fauna si no se toman las medidas necesarias, que pasan por un mejor conocimiento del medio natural”.

Los datos registrados albergarán las especies de todos los organismos clasificados, superando el millón y medio que se tienen catalogadas a día de hoy.



GOOGLE Y SU STREET VIEW ‘HACEN ZOOM’ EN ESPAÑA

Cada vez es más difícil perderse. Si ya nos sorprendía tener el mundo a vista de pájaro y a golpe de clic gracias a Google Earth, ahora la compañía del buscador más famoso de la red ha ampliado la cobertura de su servicio *Street view* en nuestro país. Este complemento de Google Maps (<http://maps.google.com>), disponible desde 2008, permite al usuario explorar las ciudades, no sólo desde una visión aérea, sino también a pie de calle.

Dicha aplicación acaba de extenderse

prácticamente a todas las ciudades de España. En concreto, se ha cubierto todas las localidades que superan los 20.000 habitantes, aunque también algunos municipios menos poblados han recibido la visita de los *street view cars*. Estos automóviles, equipados en su techo con cámaras estereoscópicas, son los encargados de recorrer el mundo recopilando foto a foto y calle a calle cada ciudad del planeta para, posteriormente, llevarlas hasta nuestras pantallas.



EL 'TOP' DE LOS PLANETAS MÁS HABITABLES

En caso de una catástrofe medioambiental a escala mundial el ser humano podría verse obligado a buscar otro planeta donde asentarse, pero ¿cuál es el más apropiado para ser habitado por el hombre?

Un estudio de Abel Méndez, biofísico de la Universidad de Puerto Rico en Arecibo, ha dado como resultado el primer ranking de los astros del sistema solar más adecuados para la vida. Méndez ha calculado el espacio de cada planeta y de

cada satélite en el que podrían desarrollarse una selección de microorganismos que residen actualmente en la Tierra.

Lo sorprendente es que nuestro planeta ocupa la segunda posición por detrás de Encelado que, a pesar de su reducido tamaño, tendría la máxima puntuación en habitabilidad (0,5), aunque su lejanía lo hace prácticamente inviable. Por detrás, le siguen Marte y el satélite Europa, que orbita alrededor de Júpiter, a más de 600 millones de kilómetros de la Tierra.

DESCUBREN 32 NUEVOS PLANETAS EXTRASOLARES

Un equipo de astrónomos ha descubierto 32 nuevos planetas fuera del Sistema Solar, tras los datos recogidos con el HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) del Observatorio Europeo Austral (ESO).

Según Michael Mayor, investigador del Observatorio de Ginebra y descubridor del primer planeta que orbitaba alrededor de otra estrella diferente al Sol, "este hallazgo eleva a 400 los exoplanetas conocidos". De los 28 planetas que se conocen con masas inferiores a veinte veces la de la Tierra, 24 de ellos forman parte de este descubrimiento.

La técnica utilizada se basa en la detección de los cambios de velocidad de una estrella central, lo que a su vez permite adivinar la órbita del planeta o los planetas en cuestión.

En referencia a los exoplanetas, "la identificación y la catalogación de aquellos que pudieran ser habitables es crucial, señala Mayor, para emprender otras iniciativas que ayuden en la búsqueda de vida fuera de la Tierra."



NASA

LA UMA DA UN PASO MÁS HACIA LA EXCELENCIA

La Universidad de Málaga (UMA) ha recibido la denominación de Campus Excelente en Investigación y Transferencia por el Ministerio de Educación y el Ministerio de Ciencia e Innovación. De los 44 proyectos presentados, 22 han sido los seleccionados y en dos de ellos participa la institución malagueña.

Este reconocimiento permitirá a la UMA mejorar sus actuaciones en investigación y transferencia de tecnologías para desarrollar a medio plazo un Campus de Excelencia Internacional. De los dos proyectos aceptados, uno está dedicado a la I+D+i en materia turística y otro, en colaboración con la Universidad de Jaén y la Universidad de Huelva,

tiene por objetivo las áreas relacionadas con el patrimonio cultural.

La convocatoria cuenta con una dotación de 50 millones de euros para los 22 proyectos. El programa pretende así servir de estímulo para la creación de alianzas entre universidades y empresas, organismos, institutos y centros de investigación, centros tecnológicos y otras instituciones.

Por su parte, en el apartado de Campus de Excelencia Internacional, la UMA ha obtenido -junto a otras 13 universidades- la Mención de Calidad, que la coloca en una posición de partida muy favorable para la próxima convocatoria en 2010.

EUROPA COMENZÓ A BEBER LECHE HACE 7.500 AÑOS

Se calcula que más del 75 por ciento de la población mundial no tolera la lactosa, ya que no produce la enzima necesaria para digerirla: la lactasa.

Según el último estudio sobre esta cuestión publicado en la revista *PLoS Computational Biology*, la mutación genética que permitió al ser humano tolerar la digestión de leche se produjo hace más de siete milenios y no fue en el norte de Europa como se pensaba, sino más al sur, en los Balcanes.

La cualidad genética que

posibilita a los europeos beber leche tras la infancia procede del Neolítico, cuando surgieron las primeras sociedades ganaderas. La causa, según el profesor Mark Thomas de la University College de Londres, fue la necesidad de un alimento básico y de fácil acceso en comunidades cada vez más sedentarias y que abandonaron la recolección ocasional.

Esta relación con la actividad ganadera es la que ha motivado que grupos relativamente cercanos tengan tasas de tolerancia a la leche tan diferentes entre sí.



Morguefile

LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS PUDO TENER SU ORIGEN EN LA INDIA

Un inmenso cráter de más de 500 kilómetros de diámetro podría ser la huella de un asteroide que chocó con la Tierra hace 65 millones provocando la extinción de los dinosaurios.

El hallazgo, localizado en la cuenca de Shiva cerca de Mumbai (antigua Bombay), fue realizado por un grupo de investigadores de la Universidad Tecnológica de Texas, dirigido por el profesor Sankar Chatterjee.

Su descubridor afirma que en la plata-

forma hindú del Mar Árabe se encuentra “el mayor de los cráteres conocidos de nuestro planeta”. Este es resultado del impacto de un asteroide de unos 40 kilómetros de diámetro que generó una energía “equivalente a la explosión diez mil veces superior de la que generaría la detonación de todo el armamento nuclear mundial”.

Según Chatterjee, que prepara una expedición al lugar, si los fragmentos de piedra presentan anomalías de iridio, será crucial para confirmar la hipótesis.



Charles R. Knight (Wikimedia Commons)

UN GENIO DE CHUPETE

El pequeño Oscar Wrigley, de dos años y medio, se ha convertido en el miembro más joven en ingresar en la Mensa, la sociedad mundial de personas con alto coeficiente intelectual (CI).

“Cuando los niños de esa edad sólo manejan unas 50 palabras, él ya utiliza un lenguaje de miles”, explicó el doctor Peter Corgon, responsable del Centro de Información para Niños Dotados.

A su corta edad Oscar tiene el mismo CI que científicos ilustres como Albert Einstein o Stephen Hawking, creadores de la teoría de la relatividad y la del Big Bang, respectivamente. De hecho, los asesores del Centro afirmaron que les había sido imposible medir su inteligencia.



Mensa Press Office

El test de Stanford-Binet sólo permite detectar hasta 160 y el pequeño, que ha pedido un saxofón para Navidad, está por encima de esa cifra.

ECUACIONES QUE PREVIENEN LESIONES DEPORTIVAS

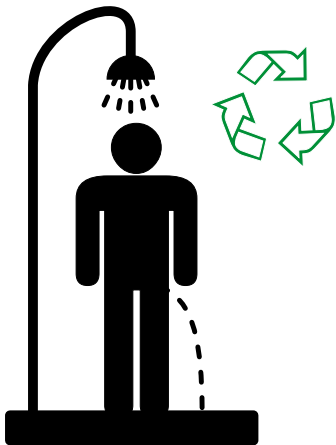
Un nuevo modelo matemático desarrollado por investigadores de la Universidad de Granada, de la Pablo de Olavide de Sevilla y del Instituto Vicente Espinel de Málaga permitirá prever las lesiones que afectan a los miembros inferiores de futbolistas, atletas o jugadores de baloncesto, mediante el uso de ecuaciones de regresión logística.

El estudio, publicado por la revista *Apunts: Medicina de L'esport*, supone un avance para que entrenadores y deportistas puedan modificar los programas de entrenamiento y así evitar futuros daños. “De esta forma, aseguran los autores del trabajo, aumentará el porcentaje de deportistas que consigan llegar a su verdadero potencial y no vean frenada su progresión por problemas físicos”.

El equipo ha utilizado los estudios de Shambaug, creador del primer índice predictor de lesiones, para someter a análisis diferentes variables determinantes en la probabilidad de lesiones, obteniendo así un algoritmo matemático al que han denominado ‘Índice de lesiones de Fernández’, en alusión a Antonio Fernández Martínez, uno de sus autores.



ORINAR EN LA DUCHA ES ECOLÓGICO



Hasta cuatro mil litros de agua por persona al año se puede ahorrar si se orina en la ducha en vez de hacerlo en

el retrete. Según la ONG brasileña SOS Mata Atlántica, que trabaja en la protección de los bosques nativos de la costa atlántica de Brasil y que ha lanzado una campaña publicitaria sobre el tema, de esta forma se reducen los 12 litros de agua potable que se gastan al tirar de la cisterna.

Asimismo, en su web recuerdan que no se ha de tener tanto pudor con miccionar durante la ducha, ya que la orina está compuesta en un 95 por ciento de agua y en un 5 por ciento de sales minerales. La iniciativa ha tenido una gran aceptación. De hecho, el 73 por ciento de los encuestados reconocen tener dicha costumbre.

UNIÓN EUROPEA <<

>> Margarita Milán Velasco

Coordinadora de la Oficina de Proyectos Europeos

Actualmente, Europa se encuentra inmersa en una grave crisis económica, paralela a la situación mundial, a tenor de lo cual la Unión Europea (UE) ha presentado un Plan de Recuperación Económica diseñado para incrementar el poder adquisitivo de la Unión, reactivar el crecimiento y crear nuevo empleo. Las medidas presentadas contemplan un presupuesto de 200.000 millones de euros (el 1,5% del Producto Interior Bruto de la UE) con las que se espera obtener importantes resultados. De hecho, el presidente de la Comisión Europea, José Manuel Durão Barroso, afirmó que el paquete de medidas es “de tamaño y ambición tales que puede surtir efecto a corto plazo, pero también lo bastante estratégico y duradero para hacer de la crisis una oportunidad a largo plazo”.

Asimismo, se prevé una mayor colaboración entre administraciones y empresas, siendo la industria parte activa integrante, con un compromiso que asciende al 50% de la financiación total. En este sentido, se han definido las Asociaciones Públicas Privadas o PPPs. Las primeras PPPs tendrán protagonismo en los sectores más castigados por la crisis, como el de la construcción, el automovilístico o el de la fabricación de productos. De esta forma, la UE pretende, con un total de 6.400 millones de euros, promover iniciativas de investigación para activar dichos sectores, con el objeto de que se construyan edificios con mayor ahorro energético, se desarrollen vehículos más ecológicos o se comercialicen productos menos perjudiciales para el medio ambiente.

Pero estos tres sectores no han sido elegidos al azar, la decisión ha estado motivada por tres factores principales: el alto número de empleos directos e indirectos que generan, su influencia en el PIB de la Unión y el impacto que causan en el medio ambiente. No hay que olvidar, por ejemplo, que el sector de la construcción genera más del 10% del PIB de la UE y emplea a 32 millones de personas.

De esta manera, el esfuerzo económico y de sinergias realizado por entidades públicas y privadas persigue un doble efecto, por un lado alcanzar una producción sostenible, con menos emisiones de CO₂ a la atmósfera; y por otro, activar la economía con productos y servicios más innovadores y atractivos. Así, se favorecerá su comercialización a nivel mundial frente a mercados emergentes y más competitivos por sus bajos precios, como ocurre con la India o China.

Este ambicioso plan canaliza los fondos que incentivarán la investigación, a través de convocatorias públicas competitivas, abiertas desde el pasado mes de julio dentro del Séptimo Programa Marco de I+D, considerado como el principal instrumento de la UE para potenciar la investigación y el desarrollo tecnológico, mediante proyectos colaborativos de carácter transnacional y otras acciones en el ámbito del desarrollo.



EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

>> Edificios energéticamente eficientes

El sector público se une al privado para alcanzar la tecnología necesaria a la hora de construir edificios europeos energéticamente eficientes, mediante el fomento de tecnologías ecológicas y la creación de sistemas y materiales que reduzcan las pérdidas de energía y que, además, sean adaptables a nuestros edificios.

Con todo ello, se persigue el denominado “20/20/20”: un 20 por ciento de reducción en el consumo energético que tienen los edificios actualmente, un 20 por ciento de aumento en la contribución de las energías renovables y un 20 por ciento de reducciones en las emisiones de CO₂ generadas por este sector, responsable en este momento del 33% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un país desarrollado, como el nuestro.

La solución para alcanzar este “20/20/20” pasa por la creación de nuevos materiales, la implementación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el uso de nanotecnologías o la adaptación de procesos de diseño, entre otros. Por tanto, es necesario encontrar sistemas de almacenamiento térmico y de distribución de calor apropiados, así como, nuevas estructuras de aislamiento o, por ejemplo, tipos de ventanas y acristalamientos inteligentes modulables a la intensidad de radiación recibida. Esto redundaría así en mejoras que afecten al cambio climático, obteniéndose además una mayor seguridad de los edificios. Asimismo, para los primeros dos años, también se estudiarán iniciativas destinadas a la rehabilitación de edificios ya existentes, buscando la adaptación y mejora del patrimonio de la Europa de los 27.

De esta forma, la UE quiere prestar especial atención a todas aquellas cuestiones relacionadas con el reciclaje de los materiales utilizados en la construcción, así como, a la optimización de la utilización de agua y a la gestión de residuos producidos por los usuarios de dichas viviendas o locales. Por ello, las líneas de investigación subvencionadas por el Séptimo Programa Marco -más de mil millones de euros- prestarán atención a estos detalles para desarrollar proyectos ambiciosos y punteros en la modalidad de la cooperación entre empresas, centros tecnológicos y universidades de los países de la Unión.

EL SECTOR DE LA FABRICACIÓN

>> Las fábricas del futuro

Aunque parezca ambicioso, a través, de la asociación del sector público y privado se pretende conseguir hoy, la fábrica del “futuro”, donde se obtenga una mayor producción a partir de menos materiales, menos energía y la generación de menos residuos.

Por tanto, la UE pretende incentivar nuevas ideas para transformarlas en nuevos productos y procesos. Con ello se quiere ayudar a los fabricantes comunitarios,

especialmente a las pequeñas y medianas empresas, a adaptarse a las presiones competitivas mundiales.

Una apuesta decidida de 1.200 millones de euros de fondos públicos de la UE, y otro tanto del sector privado, para mejorar el conocimiento de las PYMEs y favorecer el uso de tecnologías del futuro, con el objetivo de insertarlas en la cadena productiva, mejorando así, tanto la seguridad como su capacidad de producción.



>> Oficina de Proyectos Europeos de la UMA

La Universidad de Málaga cuenta en su OTRI con la Oficina de Proyectos Europeos para responder a las nuevas demandas y necesidades de los investigadores, y ofrecer a éstos, servicios de asesoramiento y de gestión económica de los proyectos, así como, el apoyo en la realización de los trámites burocráticos necesarios para participar en el Séptimo Programa Marco de Investigación y otros programas de I+D+i de la UE.

+info: www.otri.uma.es/proyectos_europeos.asp

>> ¿Qué son las PPPs?

Las *Public Private Partnership* son Asociaciones Público Privadas creadas para generar resultados de investigación que permitan poner freno a la recesión económica contribuyendo a través de la innovación a edificar una economía verde y sostenible.

EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL

>> Vehículos ecológicos: en busca del ‘coche verde’ europeo

Todos conocemos el efecto que ha ocasionado la crisis económica en el sector de la construcción, pero no se quedan atrás las pésimas consecuencias que ésta ha tenido sobre el sector automovilístico. Sólo hay que observar que en el último trimestre del 2008 el volumen de producción cayó hasta un 8,4 por ciento respecto al periodo anterior, observándose una disminución del 27 por ciento en las ventas en el pasado mes de enero respecto a 2008.

Esta situación provocó que la Comisión Europea propusiera varias medidas para mejorar el acceso de las empresas a líneas de crédito, así como, para clarificar las reglas de ayudas estatales, impulsar la demanda y defender la competencia limpia en los mercados nacionales, pensando siempre en el marco comunitario.

A su vez, en el ámbito de las PPPs de este sector se han destinado más de 1.000 millones de euros para motivar el desarrollo de nuevas tecnologías eficientes y ecológicas a través de nuevas líneas de investigación. Estas tienen por objetivo conseguir coches híbridos y eléctricos eficientes, atendiendo al desarrollo de nuevos materiales de bajo coste y a los problemas de salud derivados de la combustión de los carburantes actuales.

Asimismo, cabe destacar que los avances esperados no solo se

ceñirán a los coches de pasajeros, sino que se incluyen también el transporte eléctrico por carretera y cualquier otro aspecto relacionado, como el reciclado de baterías y su ciclo de vida, el desarrollo de tecnologías que permitan maximizar la recuperación o reciclado de los materiales utilizados en la fabricación de un vehículo, en particular, de aquellos con un alto valor añadido o que tienen un alto impacto medioambiental.

En cualquier caso, y sin olvidar que también se intenta crear expectativas sobre las oportunidades de trabajo potenciales, las consideraciones ecológicas tienen un marcado protagonismo en este sector, ya que estarían encaminadas a cumplir los objetivos comunitarios y mundiales de la reducción de emisiones.



EL TELESCOPIO <<

>> **Adolfo Linares Rueda**
Técnico de Patentes

La historia del telescopio, a poco que uno navegue por el “universo infinito” que es Internet (le invito a hacerlo), es realmente apasionante. Aunque es 1609 el año de referencia, año en el que Galileo empleó, por primera vez según se cuenta, un telescopio para observar el firmamento, hay que retroceder unos meses más atrás para conocer (creer conocer, mejor dicho) el origen de este artilugio, y así poder observar la cara que se le debió quedar a Zacharias Janssen cuando, el 17 de octubre de 1608, intentó registrar la patente del telescopio. En ese momento supo que otros dos holandeses se le habían adelantado: Jacob Metius el día 14 del mismo mes y, unos días antes que éste, el 2 de octubre, Hans Lippershey (holandés de origen alemán). Y eso que parece ser que Janssen ya se traía algo entre manos en 1590.

Pero la historia dio un giro reciente gracias al trabajo de Nick Pelling publi-

cado en “History Today” en septiembre de 2008. Sí, señoras y señores, las evidencias apuntan a que este instrumento fue inventado (que no patentado, puesto que la protección de inventos en España no fue posible hasta el siglo XVI) por el catalán Joan Roget alrededor de 1590. De hecho, parece ser que un telescopio de los Roget fue clave en la capacidad “inventiva” de los “solicitantes de patentes” holandeses antes referidos, a los que, eso sí, hemos de agradecer (principalmente a Lippershey) haber difundido el telescopio, llegando así a oídos de Galileo, responsable de refinarlo y de darle uso en 1609.

La truculenta historia del telescopio astronómico, plagada de nombres célebres, no había hecho más que empezar: refractores, reflectores, catadióptricos, fotográficos, de espejos múltiples o, entre otros, telescopios espaciales (en órbita alrededor de la Tierra). Estos últimos, que datan ya de 1957, tienen tal vez como representante más conocido al Hubble, lanzado en 1990 por la NASA, y como última incorporación al Herschel, lanzado el 14 de mayo de 2009 por la Agencia Espacial Europea (ESA).

No sólo el telescopio ha evolucionado, sino que también lo ha hecho el modo en el que el hombre ha hecho avanzar su tecnología, pasando de aquellos años en los que casi todo estaba por inventar, a un presente dominado por agencias espaciales en el que podría parecer que queda poco por inventar. Pero no se engañen, se hace camino al andar y, podríamos añadir, se anda más deprisa cuando nos persiguen.

La NASA y la ESA no están solas: Japón, China e India, inscritas hace relativamente poco tiempo a la “carrera espacial”, las persiguen. Una muestra de ello nos la proporciona Espacenet, una base de datos de patentes a nivel mundial (gestionada por la Oficina Europea de Patentes) de las correspondientes agencias espaciales como la NASA, con aproximadamente 7.000 patentes; la ESA, 700; la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa, 500; China, 250; o la Organización para la Investigación Espacial India con 50. A las tecnologías patentadas, dado el impacto político y la relevancia militar que tiene la actividad de estas agencias, deben sumar, a buen seguro, otras tantas tecnologías mantenidas en secreto.

PRIMERA VICTORIA FRENTE AL SIDA

>> **Una vacuna alcanza el 30% de efectividad**

Múltiples medios se hicieron eco a finales de septiembre de los prometedores resultados de una vacuna contra el SIDA desarrollada en Tailandia. Sin duda, una de las noticias más importantes y esperanzadoras desde que en 1981 se diagnosticara el primer caso. RV144, una combinación de dos vacunas previas, ALVAC y AIDSVAX, conseguía prevenir por primera vez la infección, aunque sólo fuera en aproximadamente el 30 por ciento de los casos. ALVAC, de Sanofi Pasteur, y AIDSVAX, desarrollada por Genentech y explotada por VaxGen, tuvieron su momento y fracasaron por separado, pero por algún motivo han funcionado juntas.

No obstante, aún queda mucho que resolver: por ejemplo, la formulación actual podría no funcionar en África, el continente más diezmado por el SIDA. De cualquier modo, la RV144 no es la única vacuna actualmente en pruebas; la web AIDSinfo (www.aidsinfo.nih.gov) proporciona información sobre los diver-

sos ensayos en curso, en proyecto, completados, suspendidos o abandonados; y en concreto, actualmente hace referencia a una quincena de estudios nuevos de vacunas preventivas contra el VIH.

Son muchos los laboratorios en el mundo que desarrollan investigaciones orientadas a la obtención de tratamientos

y vacunas contra el SIDA, aunque apenas una decena de ellos han conseguido desarrollar los más de treinta tratamientos aprobados por la FDA frente al VIH: GlaxoSmithKline, Vertex Pharmaceuticals, Bristol-Myers Squibb, Tibotec, Merck, Abbott Laboratories, Agouron Pharmaceuticals, Hoffmann-La Roche, Boehringer Ingelheim, Trimeris, Pfizer, Gilead Sciences. Entre ellos suman un gran número de las más de seis mil patentes orientadas al tratamiento de la infección por VIH, de las cuales alrededor de mil se refieren a potenciales vacunas.

Si nos centramos en los laboratorios cuyas vacunas han servido para obtener los resultados de Tailandia, Sanofi tiene al menos 30 patentes relacionadas de algún modo con el VIH, por aproximadamente unas sesenta de Genentech, o por tan sólo una que VaxGen, creada desde Genentech para desarrollar únicamente la vacuna AIDSVAX, ha registrado en su corta vida como empresa independiente.



Ite - Ministerio de Educación

LOS LABORATORIOS SE DISPUTAN EL MERCADO DE LA GRIPE A

>> Algunas farmacéuticas estiman ganancias superiores a los 1.300 millones de euros

Si los esperanzadores resultados obtenidos en Tailandia por la vacuna RV144 frente al SIDA han sido una de las noticias de este año 2009, no menos impacto ha tenido el desarrollo de las diversas vacunas frente a la gripe A. De hecho, este año 2009, además de Año Internacional de la Astronomía, bien podría denominarse Año Internacional de la Gripe A, por la tremenda repercusión que dicha enfermedad ha tenido a nivel mundial.

A finales de septiembre, la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) aprobó tres vacunas frente a la gripe A: Pandemrix (GlaxoSmithKline), Focetria (Novartis) y, por último, Celvapan (Baxter). España se abastecerá de las vacunas fabricadas por las dos primeras. Estas vacunas se suman a otras tantas aprobadas anteriormente en China y en Estados Unidos. De hecho, China fue el primer país en desarrollar y autorizar una vacuna contra la gripe A, Panflu.1, de la farmacéutica china Sinovac Biotech, la primera de varias desarrolladas por distintos laborato-

rios nacionales. Por su parte, en Estados Unidos, la Food and Drugs Administration (FDA) ha autorizado cuatro vacunas desarrolladas por CSL Limited, Novartis, Sanofi Pasteur y MedImmune LLC.

Particularmente interesante resulta la vacuna fabricada por MedImmune LLC, FluMist, administrable por vía nasal. AstraZeneca, propietaria de MedImmune desde 2007, espera producir 200 millones de dosis hasta el primer trimestre de 2010, lo que se estima se traduzca en una ganancia de más de 1.300 millones de euros en dos años. Más aún, AstraZeneca se frota las manos porque otros laboratorios, como podrían ser Sanofi Pasteur o GlaxoSmithKline, podrían solicitarle una licencia de explotación para utilizar un método patentado por MedImmune para el cultivo del virus de la gripe A, primer paso en el proceso de obtención de una vacuna.

Más de mil patentes relacionadas con vacunas frente a la gripe, aunque sólo una pequeña fracción de las mismas (10%) se refieren a la gripe A, y únicamente la cuar-



ta parte de éstas hacen referencia específica al subtipo H1N1, responsable de varias pandemias, destacando por su intensidad la de 1918 (la denominada "gripe española", que causó 40 millones de muertes) y la que ahora nos afecta. Confiamos en que esta se consiga gestionar gracias a la I+D de las farmacéuticas y al sistema de patentes que los incentiva.

EL GOBIERNO PRESENTA EL PROYECTO MOVELE

>> Este plan impulsará que en 2010 circulen en España dos mil vehículos eléctricos

En septiembre, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio presentó el Proyecto Movele, cuyo objetivo es impulsar la introducción en un plazo de dos años (2009 y 2010) de 2.000 vehículos eléctricos en las carreteras españolas. Los modelos a elegir se incluyen en el catálogo Movele, que cuenta por el momento con cerca de un centenar de vehículos (turismo, motos, autobuses...), tanto eléctricos a batería (BEV) como híbridos eléctricos conectables a la red eléctrica (PHEV), aunque no todos están disponibles en la actualidad.

Pero, tanto los BEV, como los PHEV, no son la única vía para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Otro tipo de tecnologías alternativas las representan los vehículos híbridos eléctricos de gasolina (HEV) como los que Honda, Lexus, Mercedes Benz o Toyota ya tie-

nen a la venta, los de hidrógeno o dotados de pila de combustible (FCV) de Daimler y Mercedes-Benz, los vehículos de aire comprimido, en los que Tata lleva años apostando sin entrar de lleno en el mercado, o los automóviles solares que aún se encuentran en fase experimental.

Mientras dichas tecnologías se implantan es fundamental continuar trabajando en el desarrollo y la mejora de combustibles alternativos como el gas natural

(Fiat, Mercedes-Benz, Opel y Volkswagen), el GLP (mezcla de propano y butano), el bioetanol (Ford y Volvo fabrican modelos que lo admiten) o, quizás más extendido en la actualidad, el biodiesel (Peugeot, Saab) para el que la Universidad de Málaga solicitó recientemente la patente de un procedimiento de producción muy prometedor y que resolverá una serie de inconvenientes técnicos y económicos asociados a la obtención de este tipo de combustible.

No cabe duda de que el objetivo del Proyecto Movele es loable, pero los gobiernos tal vez deberían ampliar sus medidas a otros tipos de vehículos, así como, fomentar la investigación y desarrollo de carburantes alternativos que combinen ecología a la vez que rentabilidad tanto a usuarios como a fabricantes.



Think©



Fundamentos de la astronomía en Grecia

Lo que sabemos sobre el universo se debe en buena medida a las aportaciones de la antigüedad clásica. Mesopotamia y Egipto fueron los primeros en curiosear en el cosmos a través de las órbitas planetarias, hasta que los griegos tomaron el testigo en la ciencia de los astros.

>> Aurelio Pérez Jiménez / Catedrático de Filología Griega

En el siglo I antes de nuestra Era, Cicerón no inventa nada cuando, en su tratado sobre la adivinación, se expresa así:

Al principio los asirios..., a causa de las inmensas llanuras de la región que habitaban y, como veían el cielo claro y abierto por todas partes, observaron las órbitas y movimientos de los planetas.

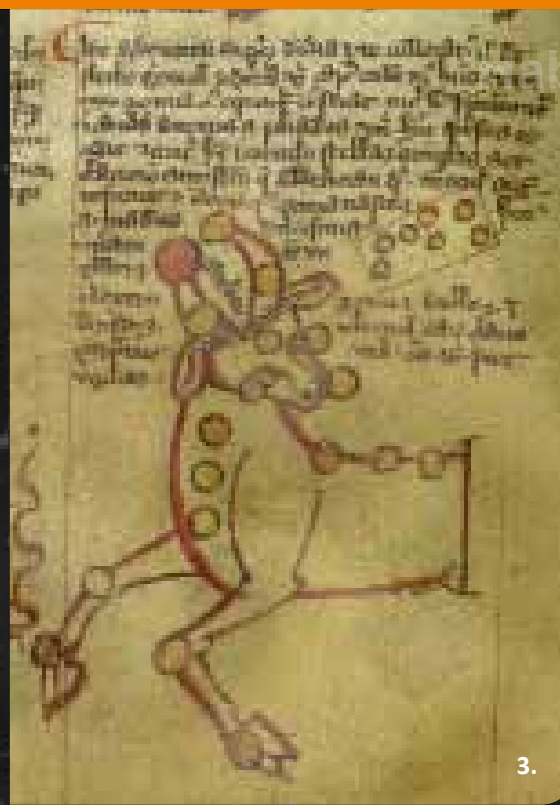
En efecto, estas palabras recuerdan otro texto del *corpus* platónico en el que, tres siglos antes, se atribuía el origen oriental de la astronomía a la claridad del cielo en Mesopotamia y en el país del Nilo, que permitía contemplar sin dificultades los movimientos planetarios. Por supuesto, la observación del cielo ha sido, y lo sigue siendo, un factor importante en el nacimiento y progreso de la astronomía;

tanto es así, que esta ciencia dio un paso gigante cuando Galileo Galilei construyó su primer telescopio hace cuatrocientos años; pero también hubo otros factores (y no necesariamente la curiosidad científica) que abrieron el camino hacia el estudio e interpretación de los astros.

El primero es la religión ¿Por qué fueron los pueblos de Mesopotamia y no los



2.



3.

1. En la página de la izquierda, Kudurru babilonio de la segunda mitad del II milenio a.C. con representación de la triada sagrada (Samash, Sin e Istar = Sol, Luna y Venus). / Museo del Louvre (París).

2. Orión. Ms. lat. oct. 44 de la Staatsbibliothek zu Berlin, fol. 7r.

3. Representación de las Pléyades y las Híades en la constelación del Toro. Ms. lat. oct. 44 de la Staatsbibliothek zu Berlin, fol. 5v.

griegos o, antes que ellos, los egipcios, quienes pusieron las bases de la astronomía con el descubrimiento del Zodíaco y la observación de los movimientos planetarios? La respuesta está en el mismo panteón de los pueblos del Tigris y el Éufrates, conformado por dioses celestes y, entre ellos, los tutelares de los astros. Estos, como señores del Sol, de la Luna y de los cinco planetas (Sin, Samash, Nabu, Istar, Nergal, Marduk y Ninurta), manifestaban su voluntad por medio de los movimientos, configuraciones, conjunciones y oposiciones, así como por la fenomenología de esos astros que regían las ciudades y regiones de Mesopotamia. Por eso, tal vez fueron sacerdotes los primeros astrónomos. Y los símbolos de los planetas y de los signos zodiacales, en cuyos límites de estrellas se mueven aquéllos, presiden los documentos artísticos de estos pueblos, velan por sus instituciones y protegen sus campos (fig.1). Al menos sabemos que los últimos habitantes de la región (los caldeos) registraban con detalle las posiciones de los planetas en la eclíptica y, como fruto de la experiencia acumulada de siglos (tal vez los milenios de que hablaba Filippo de Opunte sea exagerado), fueron capaces de predecir eclipses.

La relación de los griegos con el cielo fue, sin embargo, diferente. Su religión no era celeste, sino política; y sus dioses no tenían que ver (o sólo tangencialmente) con los astros, sino que eran hombres superiores que personificaban fenómenos, ideales, conceptos éticos y principios de convivencia propios de la vida comunitaria y de la integración del individuo en esa comunidad. La inteligencia, las artes, la belleza, el amor, la guerra, la hospitalidad, la fidelidad, las comunicaciones, incluso la ira, la venganza, la discordia y el robo, todo ello quedaba sancionado por dioses concretos con forma y com-

En Mesopotamia la voluntad de los dioses se manifestaba por medio de los movimientos, las oposiciones y la fenomenología de los astros

portamiento propio de seres humanos. La atracción que los astros ejercieron sobre los griegos respondía más bien a motivos económicos, como en Egipto, o servía sólo para establecer las pautas cronológicas de esa vida comunitaria.

En consecuencia, los planetas les interesaban poco y prestaron más atención a constelaciones concretas que tenían que ver con los ciclos agrarios y con la orientación en el mar, como la Osa, Orión (fig.2), las Pléyades o las Híades (fig.3), que luego formarán parte de Tauro. Así, de los siete astros que giran en torno a la Tierra, Homero y Hesíodo sólo mencionan el Sol y la Luna; y son incapaces de identificar Venus que, hasta el siglo V a.C., será el lucero de la mañana, el lucero de la tarde o quedará integrado en la mitología como los dioscuros, Cástor y Pólux. Por eso no extraña que de Tales de Mileto, el primer científico griego capaz de predecir un eclipse (el del 28 de mayo del 585), la tradición presente su sabiduría como un instrumento útil para lograr importantes ganancias.

Tal vez esta perspectiva económica, pero también el sentido especulativo de los primeros filósofos, los presocráticos, preocupados por conocer otras formas distintas de la mitológica y la religiosa para explicar el mundo en que vivimos y la posición de la Tierra en el Universo, impulsó la astronomía como ciencia, empujándola por los caminos de la matemática. En efecto, los primeros esque-



Sol



Luna



Mercurio



Venus



Tierra



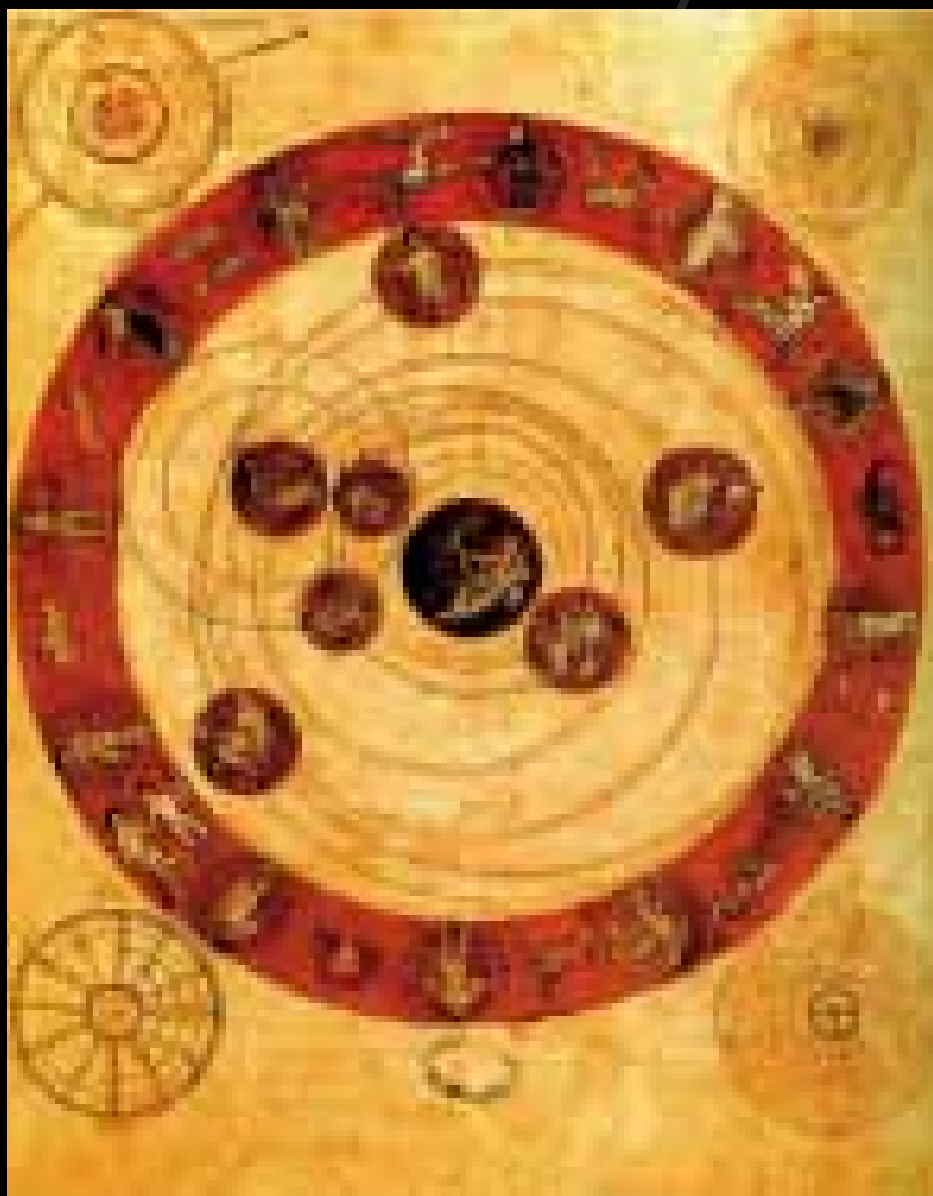
Marte



Júpiter



Saturno



4. Los planetas girando en torno a la Tierra, con Venus y Mercurio alrededor del Sol (sistema de Heraclides). Cod. Bonon. 188, fol. 30v (comienzos del XI).

mas cosmológicos (el de Anaximandro, por ejemplo) eran pura especulación. En cambio, Pitágoras y sus sucesores, con la aplicación de las figuras geométricas (la esfera, el triángulo y el cuadrado sobre todo) al cielo y la medición matemática de las distancias siderales, en parte por intereses matemáticos y más todavía por razones místicas, entre las que ocupó un lugar esencial la música de las esferas, dieron a la astronomía la base científica que precisaba. Desde ahora, dos principios esenciales condicionarán el desarrollo de esta ciencia en la Antigüedad: la perfección de la esfera y el movimiento

circular, considerado divino por Pitágoras y sancionado como tal por Platón, y la posición central y estable en el centro del universo de la Tierra.

Por supuesto, los pitagóricos conocieron la eclíptica, su división en los doce signos del Zodíaco, atribuida en Grecia a Cleóstrato de Tenedos (c. 520 a.C.), discípulo de Tales, y los planetas, aunque todavía no encontremos en los textos más antiguos sus nombres. Lo demuestra esa translación de la escala de siete notas al universo y la fijación del orden -que a partir de él será canónico tanto para la astro-

nomía como para las doctrinas especulativas relacionadas con ella (la astrología y la mística astral)- de los planetas (fig.4), cuyas distancias relativas se acomodan a los intervalos musicales. Pero los nombres de todos ellos, que son los de los dioses babilonios traducidos a sus correspondientes divinidades griegas (Hermes, Afrodita, Ares, Zeus, Crono), los encontramos por primera vez, todos, en el tratado de Filipo de Opunte al que nos referíamos al comienzo de estas reflexiones, y, algunos de ellos aisladamente, en el *Timeo* de Platón y en diversas obras de Aristóteles.

Desde ese momento -salvo algunos intentos por desacralizarlos con denominaciones fenomenológicas- estos nombres de los planetas (que nosotros conocemos en su versión latina, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), junto con los de las constelaciones, identificadas con objetos y seres del mito ya desde los primeros documentos literarios, serán familiares en los diseños astronómicos a partir del siglo IV a.C. Planetas y constelaciones constituyen desde ahora la materia central de la ciencia astronómica.

En efecto, a partir de Eudoxo, discípulo y amigo de Platón y hasta Ptolomeo (siglo II d.C.) la obsesión de los astrónomos es explicar matemáticamente los movimientos de los planetas, del Sol y la Luna suponiendo que todos ellos giran alrededor de la Tierra (y no del Sol como ocurre en realidad) y que su movimiento es circular (y no elíptico). Para ello Eudoxo -seguido por Aristóteles- propuso que los astros iban incrustados en esferas cristalinas homocéntricas, es decir, alrededor de un mismo centro, que se multiplicaron hasta 27 e incluso hasta 33 en Calipo.

Pitágoras y sus sucesores, con la aplicación de las figuras geométricas, dieron a la astronomía la base científica que precisaba

La vinculación de los planetas interiores (Mercurio y Venus) al Sol llevó a la hipótesis de que estos astros giraban en torno a un centro que no era la Tierra, sino un punto (deferente) que, a su vez, giraba alrededor de un centro desviado de la Tierra (excéntricas); el peripatético Heraclides Póntico formuló la hipótesis de que estos planetas lo hacían alrededor del Sol, preparando el camino, en parte, para la teoría heliocéntrica de Aristarco, el Copérnico de la Antigüedad. Pero éste último encontró oposición en intelectuales como el estoico Cleantes, que pedía a los griegos acusarlo de impiedad por remover la Tierra del centro del universo. Su propuesta, pues, no tuvo éxito y quedaría descartada definitivamente de la ciencia occidental cuando Ptolomeo consiguió explicar matemáticamente todos los movimientos aparentes de los planetas sin abandonar el sistema geocéntrico, recurriendo a epíclidos (hipótesis según la cual los planetas giran en torno a un punto de la esfera concéntrica a la Tierra) y excéntricas.

En cuanto a las constelaciones, el otro elemento de la astronomía griega, fueron catalogadas primero por Arato y Eratóstenes y luego, con mayor precisión en el siglo II a.C., por Hiparco, crítico de Arato. Estos catálogos celestes (fig.5) permitieron fijar las diferentes latitudes de la Tierra (*klímata* o inclinaciones) y el de Hiparco, en concreto, fue decisivo para que Ptolomeo (comparando el cielo de su época con el del alejandrino) demostrara la desviación del eje del universo respecto del polo y formulara la doctrina de la anticipación de los equinoccios.

Con estos logros, la astronomía quedaría prácticamente cerrada hasta el siglo XVII, cuando todavía el gran maestro de la observación, Galileo Galilei, con quien abrimos este artículo, se mantenía fiel al diseño geocéntrico de Aristóteles y Ptolomeo: así, en su *Trattato della Sfera* o *Cosmografía* aduce argumentos para defender *Che la Terra sia costituita nel centro della Sfera Celeste* y, en el mismo tratado,

dos páginas más adelante, se rinde ante la autoridad de los dos grandes científicos griegos para asumir la posición estable de nuestro planeta (*Che la Terra stia immobile*):

La cuestión presente merece consideración, puesto que no faltan importantísimos filósofos y matemáticos que, estimando que la Tierra es una estrella, la han hecho móvil. De ningún modo; nosotros, siguiendo la opinión de Aristóteles y de Ptolomeo, aportaremos algunas razones por las que se puede creer que es completamente estable. ●

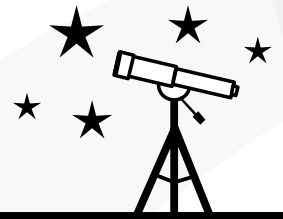
La astronomía quedaría prácticamente cerrada hasta el siglo XVII, cuando todavía Galileo Galilei se mantenía fiel al diseño geocéntrico



5. Dürero, grabado con las constelaciones del planisferio norte (en la parte superior, figuras de Arato a la izq. y de Ptolomeo a la dcha.).

>> **“Es difícil encontrar a alguien en la ESA que te diga que un ingeniero español es peor que otro de otro país”**

Pedro Duque. Astronauta



El primer astronauta de nuestro país analiza la ciencia y la investigación del sector aeroespacial, en el que cada vez existe una mayor implicación de la ingeniería española en áreas como las telecomunicaciones o la informática.

>> **Rosario Moreno-Torres Sánchez y Javier Sánchez Relinque**

Uciencia

> **A menudo la sociedad se interesa en las misiones espaciales por su vistosidad, por lo enigmático o por curiosidad hacia lo desconocido pero, ¿podría explicarnos por qué verdaderamente es importante la investigación aeroespacial? ¿Por qué motivos se va al espacio?**

Principalmente, se va al espacio por tres motivos: porque se utiliza para hacer una ciencia mejor y distinta que da una nueva perspectiva a los científicos. En el espacio ponemos telescopios para ver lo que no se puede apreciar desde dentro de la atmósfera y también se hacen investigaciones en la estación espacial en condiciones de ingravidez, donde el experimento sufre unas condiciones distintas a las de un laboratorio convencional. Con esta diferencia obtenemos nuevos datos, avanzando de una forma difícil de igualar si no se eliminara la gravedad como variable.

Por otra parte, se utiliza además como un lugar de desarrollo de nuevas tecnologías, es decir, como ir al espacio es algo extremadamente complicado, motiva que se necesiten y produzcan ideas avanzadas que a la postre se utilizarán en proyectos reales.

La tercera y última razón es, sin duda, la exploración. El ser humano se diferencia de los animales en su curiosidad, en saber qué hay más allá, y aquí es donde se incluye el ir fuera de la Tierra. Parece que esa barrera de lo imposible la es-

tamos empujando entre todos. Objetivos extremadamente difíciles como el espacio inspiran a todos y proporcionan un acicate para estudiar, esforzarse, inventar, ilusionarse y en definitiva avanzar.

> **En este contexto de descubrimientos, ¿qué opinión le merecen los más recientes y los que, a su juicio, le han resultado más impactantes?**

Cada vez son más pequeños los planetas que podemos descubrir en estrellas diferentes a la nuestra (el Sol) gracias a telescopios espaciales de más y más capacidad. Ahora empezamos a tener una pequeña medida de hasta qué nivel es posible que exista vida en otros lugares del universo. Ya no son solo conjeturas.

Otro avance crucial ha sido el poder conocer la masa de los agujeros negros. Actualmente, la propia física fundamental se hace casi en su totalidad estudiando el universo. Su estudio y el de los primeros segundos de su creación son tan importantes como el de los aceleradores de partículas, ya que tenemos muy poca idea de la composición del cosmos.

Gracias a estos avances y a los telescopios espaciales con sensibilidad en rayos X y gamma se han podido superar las ideas de Stephen Hawking de hace 20

>> **Quién es ...**

> Licenciado en la E.T.S.I. Aeronáuticos en 1986 por la Universidad Politécnica de Madrid.

> Su primera misión espacial fue la STS-95 del transbordador Discovery en 1998, de nueve días de duración, en la que supervisó el módulo experimental de la ESA.

> En 2003, Duque participó en la 'Misión Cervantes', realizando la labor de ingeniero de vuelo y visitando la Estación Espacial Internacional durante diez días.

> Desde noviembre de 2004 a octubre de 2006 trabajó en la E.T.S.I. Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid como Director de Operaciones del USOC español.

> En el año 2006 fue nombrado director general de *Deimos Imaging*.

años. Lo cierto es que, a día de hoy, continuamos sin saber de qué está hecha el 80 por ciento de la materia que nos rodea y que no responde a las actuales ecuaciones de la mecánica cuántica. Hay muchísimo por descubrir, una vez más, y como siem-

pre, cuanto más sabemos, más sabemos lo que ignoramos y mucho de lo que falta tiene que resolverse en base a la tecnología espacial.

“El ser humano se diferencia de los animales en su curiosidad, en saber qué hay más allá, lo que incluye salir de la Tierra”

> **¿Qué augura respecto a cuáles van a ser las líneas de desarrollo del sector del espacio en los próximos 20 años?**

Eso depende de muchos factores porque son proyectos que requieren de mucho esfuerzo presupuestario y el darles un plazo de tiempo es muy difícil. Depende del interés que tengan los gobiernos en ellos. El otro factor es que son proyectos que han



NASA



ESA - P. Duque

A la izquierda, los siete miembros de la tripulación para la misión espacial STS-95 antes de una sesión de entrenamiento en el Centro Espacial Johnson de la NASA. A la derecha, el astronauta Pedro Duque trabaja en el experimento PROMISS dentro de una urna estanca preparada para pruebas en microgravedad.

de hacerse con fondos gubernamentales, ya que no reportan beneficios.

De todas formas, creo que, por ejemplo, se podría tener una base permanente de trabajo en la Luna para comprobar si la minería de este satélite podría ser una posible solución a problemas de la Tierra. A lo mejor lo es.

Dentro de los desarrollos de observación de la Tierra, en los próximos 20 años posiblemente se cubrirá de satélites nuestra órbita para ver cómo se rige el cambio climático. Todo el mundo ha entendido que estudiar la Tierra en su conjunto no se puede hacer desde dentro sino desde fuera.



> **¿Podría dar algunos ejemplos de cómo incide en nuestra vida cotidiana la investigación en el espacio?**

Siempre ha habido curiosidad en el ser humano por estudiar y participar en esto. Además, es uno de los pocos “hilos” de los que se puede tirar de la ilusión de los niños para que hagan ciencia.

La tecnología que se desarrolla en este sector, al ser nueva, necesita de tiempo, pero finalmente va calando poco a poco hacia el resto de la sociedad. Por ejemplo, las fotocopias rápidas, desarrolladas para el proyecto Apolo, progresivamente han ido penetrando en el uso diario.

Básicamente, hay tres áreas de la tecnología aeroespacial con las que sin su existencia no entenderíamos nuestra vida: las comunicaciones, que han mejorado la justicia en el mundo, ya que todos sabemos lo que ocurre en otros sitios y permite a los periodistas dar a conocer las injusticias para que la sociedad actúe; los satélites de navegación porque nadie concibe ya perderse para llegar a los sitios y; por último, la observación de la Tierra desde el espacio para poder estudiarla en su conjunto a través de satélites.

> **Y en cuanto a su empresa, Deimos Imaging, ¿qué actividades lleva a cabo?**

Deimos en su conjunto es un grupo bastante grande, somos más de 500 personas con muchas áreas de actividad. De hecho, la Agencia Espacial Europea (ESA) trabaja con nosotros en las fases de

Una cualidad para ser astronauta es hacer los experimentos de forma correcta, lo que imprime un sesgo mayor a los estudios y al entusiasmo

desarrollo de muchos proyectos. Acuden a Deimos para realizar las evaluaciones preliminares, es decir, si con la tecnología actual se puede ir a tal planeta o enviar tal sonda.

Deimos Imaging en concreto aporta su granito de arena en el campo de la observación terrestre. De esta forma se mejora el control del medio ambiente y se asegura una mayor eficiencia de la agricultura. El satélite no es muy grande, pero su avanzada electrónica hace que capte grandes extensiones de terreno en poco tiempo y de esa manera se pueden dar informes agrícolas cada pocos días. Básicamente, podemos averiguar cada cuánto tiempo hay que regar o abonar y detectar problemas en cultivos o bosques de forma rápida.

> **¿Es importante eso?**

Sí, porque este es el siguiente paso en la eficiencia de la agricultura. Hasta aquí hemos llegado sin utilizar satélites y, si ahora los utilizamos, daremos un nuevo recorte a los costes de producción. Además, en la agricultura, si se abona adecuadamente, esto es, solo lo que la planta puede absorber, y recurrimos menos a los pozos, haremos menos daño al medio ambiente y será doblemente positivo.

> **En el sector aeroespacial podemos distinguir como mínimo dos maneras de trabajar. Una muy minoritaria (tan sólo medio millar de personas han salido al espacio desde que Yuri Gagarin lo hiciera en 1961) y en la que usted ha podido participar: ser astronauta. Y otra en la que participan la inmensa mayoría: ser técnico o investigador en esta área. En este sentido, quizá el hecho de ser astronauta responde al perfil más mítico y atractivo. ¿Qué consejo le daría a cualquier joven que se haya propuesto seguir sus pasos? ¿Qué requisitos tiene que cumplir un futuro astronauta?**

Personalmente, pienso que muchos más de esos 500 que han salido al espacio serían capaces de hacerlo. En realidad no constituyen dos grupos separados. En el mundo puede haber unas cien mil personas trabajando en el sector y de ellos se seleccionan a varios para ir en una nave espacial.

Los requisitos básicos pasan por tener una titulación superior en ciencias, ingeniería o medicina.

Incluso, en caso de misiones donde se necesite de ciertas habilidades en el pilotaje, tienen cabida personas que procedan de la rama militar, aunque actualmente las cápsulas requieren de un pilotaje manual mínimo.

Por otra parte, hay que demostrar una cierta capacidad operativa en situaciones complicadas y salir con éxito de ellas. A esto se añade la propia salud y la condi-

ción física. Cuanto más “normal” mejor. No se sabe los efectos que puede tener una misión en cada tripulante y, por ello, se intenta seleccionar este tipo de perfiles.

Pero, si he de resaltar alguna cualidad, hoy lo que importa es hacer los experimentos de forma correcta, lo que imprime un sesgo mayor a los estudios, a la capacidad de aprender y al entusiasmo.

> **El trabajo de astronauta es muy duro, requiere una formación universitaria exigente, un estricto entrenamiento físico y años de espera para tener la oportunidad de formar parte de una misión espacial. Además, esto tampoco parece unido a grandes compensaciones económicas. Sin embargo, tener la oportunidad de ser astronauta y realizar una misión es vivido como la mayor alegría por los científicos que se dedican a ello. Dicho de otra manera, ¿qué hay en los viajes al espacio que compensan una vida tan dura y sacrificada en la que, además, no se prometen ni garantizan grandes remuneraciones?**

Es cierto que no hay muchas compensaciones económicas durante el tiempo que uno trabaja de astronauta, aunque alguna gente sí logra aprovecharlo a posteriori. Me imagino que habrá un alto porcentaje de gente que les guste salir en la televisión como compensación, aunque eso no suele ser lo más común.

Es una oportunidad única para conocer a mucha gente y a científicos muy

famosos que confían en lo que uno hace. Además, vuelves contento y satisfecho si las cosas han salido bien ahí arriba.

Personalmente, creo que es una experiencia vital, distinta y única, a la que también hay que darle valor. De hecho, la gente que tiene mucho dinero ahora compra, con mucho dinero, esa experiencia. Al fin y al cabo son las experiencias lo que tiene valor, el dinero sirve para comprarlas si tu actividad diaria no te las proporciona.

>>





Duque analiza algunos documentos durante la misión STS-95. A la derecha, el astronauta español estudia las consecuencias de ingravidez sobre el sistema cardiovascular y el respiratorio, así como la tensión y las reacciones cognoscitivas y fisiológicas de un astronauta durante su misión espacial.

>> Profesores de la UMA preguntan



Antonio Puerta Notario

Director de la Escuela de Telecomunicaciones de Málaga
Catedrático de Teoría de la Señal y Comunicaciones

> Se hace evidente el papel de las tecnologías de las telecomunicaciones y de la electrónica en todas las aplicaciones espaciales: satélites, sondas espaciales, sistemas de posicionamiento global, procesamiento de imágenes. Dado que las mencionadas tecnologías constituyen el núcleo fundamental de carreras como la Ingeniería de Telecomunicaciones, ¿qué papel tiene actualmente en su opinión este título en el ámbito de la industria espacial, y cuál se espera que sea su evolución en el futuro?

Está claro que un porcentaje bastante considerable de los ingenieros –dependiendo del país– trabajan en el sector en función de cada especialidad. El ámbito de la ingeniería en el espacio es básico y nunca se va a poder hacer una nave espacial sin tener muy bien estudiados los sistemas de telecomunicaciones. La característica número uno del espacio es que es muy grande y es muy difícil comunicarse.

Por su parte, los dedicados a la electrónica siempre deben estar a la última y ser conscientes de que la tecnología más reciente quizá no sea la más apropiada. Es cierto que cuanto más miniturizadas las cosas mejor, porque pesan menos, pero siempre teniendo en cuenta el ambiente de radiación y la fiabilidad como máximo requisito.

Ahora mismo, las empresas que fabrican satélites muy pequeños se basan más en la electrónica y en la comunicación para luego añadir la carcasa y los conocimientos aeroespaciales, de lo que se deduce que la telecomunicación empieza a estar al mismo nivel que la mecánica y el movimiento orbital.

> Sabemos que un colectivo bastante amplio de titulados en la ETS de Ingeniería de Telecomunicaciones de la UMA ha trabajado o trabaja en la ESA y en otras instituciones y empresas del sector aeroespacial en el ámbito internacional: ¿Qué consideración respecto a su nivel de formación merecen nuestros titulados en ese sector? ¿Se percibe la presencia de los ingenieros españoles?

En general, los ingenieros españoles hemos entrado en la Agencia con gran escepticismo por parte de ellos, pero después se ha terminado solicitando más profesionales de nuestro país. Esto se debe a que se ha visto mucho rendimiento y se ha calificado muy positivamente a los españoles con respecto a los profesionales de otros países europeos. A día de hoy, es difícil encontrar gente que te diga que este ingeniero español es peor que otro de otro país. Suele ser al contrario: ¿cómo es posible que los ingenieros españoles sean tan buenos?



Víctor Muñoz Martínez

Catedrático de Ingenierías de Sistemas y Automática

> Un alumno que estudia ingenierías decide trabajar en una agencia espacial como técnico. Independientemente del trabajo que desee realizar y de su educación como ingeniero, ¿qué formación extracurricular sería recomendable?

A los pocos años uno termina siendo gestor de proyectos y, si se decide a trabajar en la industria, es recomendable la formación en gestión cuanto antes. Además, estoy seguro de que se pueden hacer



Francisco Vico Vela

Profesor de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

> Viendo películas como *Apolo XIII* uno comprueba el gran avance que la ciencia informática ha experimentado desde aquellos años. En la actualidad las técnicas de inteligencia artificial (IA), la simulación y la robótica son fundamentales en la exploración espacial. ¿Animaría a los estudiantes de informática a orientarse profesionalmente en esta dirección?

Desde luego que sí, es un área del futuro. Lo único que ocurre es que la



A la izquierda, foto de la tripulación, con Pedro Duque en el centro, en la Estación Espacial Internacional hacia el final de la Misión Cervantes. A la derecha, Pedro Duque durante una conexión con la televisión española durante esta misma misión.

algunas formaciones muy específicas. En informática, ejemplo de ello podría ser un curso sobre estándares de programación de la ESA, que se encuentran entre los más avanzados del mundo.

En el caso de la electrónica, existe una serie de conocimientos que si no se aprenden dentro de la Agencia, mejor aprenderlos antes: como los efectos de la radiación o cuestiones de fiabilidad. Otras tareas más específicas son las que tratan los componentes que, aunque obsoletos en la Tierra, se siguen utilizando en el espacio. Para ello hay toda una ciencia destinada a que los proyectos se ejecuten con este tipo de condiciones.

> ¿Cómo se percibe el proceso de Bologna con respecto a las ingeniarías desde su posición?

Hasta el momento, los ingenieros españoles venían bien preparados en cuanto a los cimientos teóricos, por lo que eran fácilmente maleables y reconducibles hacia otros conocimientos. Veíamos que tenían una base académica que les hacía entender las cosas más rápidamente.

La conversión hacia una ingeniería más anglosajona está destinada a formar especialistas, habrá que ver si la formación de grado está correctamente

Los ingenieros españoles venían bien preparados en cuanto a cimientos teóricos, por lo que eran fácilmente maleables y reconducibles hacia otros conocimientos

orientada y si los programas se adaptan o no a los trabajos de la industria aeroespacial. En principio, puede hacerse perfectamente. De hecho en EE.UU. construyeron el *Apolo*, fueron a la Luna y tienen desde hace mucho tiempo este tipo de formación de tres años más la especialización o máster.

inteligencia y la fisiología artificial –yo la llamo así– aún están un poco atrasadas en nuestro sector, ya que cuando uno hace algo en lo que existe un riesgo elevado, normalmente suele utilizar elementos suficientemente probados y trata de inventar lo justo y necesario. Por este motivo, este tipo de avances tan modernos de resolución de problemas con inteligencia electrónica se implantarán, pero tardará un poco aún.

De todas formas, es probable que en poco tiempo haya una revolución y se envíen sondas no tripuladas a los sitios donde los autómatas tengan que ocuparse por sí mismos. Este, creo, es el futuro de los precursores de la exploración.

> Por otra parte, ¿cómo ve el futuro de las misiones no tripuladas?

Obviamente antes de hacer una misión de exploración es necesario enviar sondas no tripuladas, pero de momento será difícil contestar a preguntas fundamentales sin mandar a alguien allí. Es decir, no será el astronauta el primer oficio que se sustituya por IA, ni mucho menos. Es más fácil sustituir trabajos más predecibles donde la IA esté más controlada.

En el momento de estar en un planeta lejano, lo que mandes allí ya no se puede arreglar. Se podrán hacer cosas, como se ha hecho en Marte, pero realmente no todo. Empezaremos de esa

manera, irá muy bien, pero nunca se podrá suplantar la exploración.

La sociedad requiere a los astronautas porque quiere que vuelva alguien para contarlo. A esto se une, por otro lado, que cuando se utiliza una gran cantidad de automatismos, se aumenta tanto el volumen de maquinaria como el nivel de incertidumbre: se necesitan nuevas medidas para evitar que falle, puede tomar decisiones incorrectas...

Si no hemos sido capaces ni de que los coches vayan por la raya de la calzada o conducir por una autopista recta, imaginemos hacer geología en Marte. Por eso, todos los intentos por utilizar sistemas automáticos se hacen con mucho cuidado.



“Hipatia”, imaginada por el pintor prerrafaelista inglés Charles William Mitchell (1885). / Wikimedia Commons

Hipatia: ciencia y filosofía en la Alejandría tardoantigua

Hipatia es la primera mujer matemática y astrónoma conocida. Gracias a su entorno familiar y cívico desarrolló su tarea como comentarista e integró esta vocación científica en su magisterio filosófico. Las trágicas circunstancias de su muerte ensombrecieron su labor, convertida en simple atributo destinado a acentuar su dramático fin.

>> Clelia Martínez Maza / Profesora de Historia Antigua

En una época (siglos IV y V d.C.) en la que el destino de la mujer, ya fuera pagana o cristiana, quedaba circunscrito al cumplimiento de sus responsabilidades como esposa y madre, Hipatia sobresale como una de las intelectuales más brillantes de la Alejandría tardoantigua. No obstante, su vocación científica responde, por un lado, a la intensa vida cultural de la capital egipcia, pues ya desde antiguo la ciudad era reconocida como un gran centro matemático, disponía de sa-

Su entorno familiar le permitió acceder a una formación muy especializada e inaccesible para las mujeres de la época

las de conferencias, centros de saber como la biblioteca, escuelas rabínicas, aulas de estudio en templos paganos como el de Serapis, círculos de teólogos e incluso cátedras subvencionadas por la administración

civil. Su escuela filosófica rivalizaba con la de Atenas y el prestigio de sus médicos y la fama de sus poetas alcanzó las cortes imperiales y bárbaras. Por otro lado, para entender su inclinación científica hay que recordar que era hija de un reputado matemático, Teón, autor de comentarios entre los que destaca el dedicado al tratado de Euclides *Sobre los elementos*, considerado hasta el s. XIX, una obra de referencia fundamental. Fue este entorno familiar el que le permitió acceder a una formación muy especializada, inaccesible para cualquier otra mujer del momento. En este sentido, las mismas circunstancias familiares sirven para las mujeres que durante los siglos XVI y XVII se dedicaron al estudio de los astros: buen ejemplo de ello es Polissena, hija mayor de Galileo Galilei.

Pero, a pesar de su demostrada competencia científica, más que ser considerada propiamente como una creadora destaca, como era habitual en la ciencia tardoantigua, por su labor de comentarista. Estos



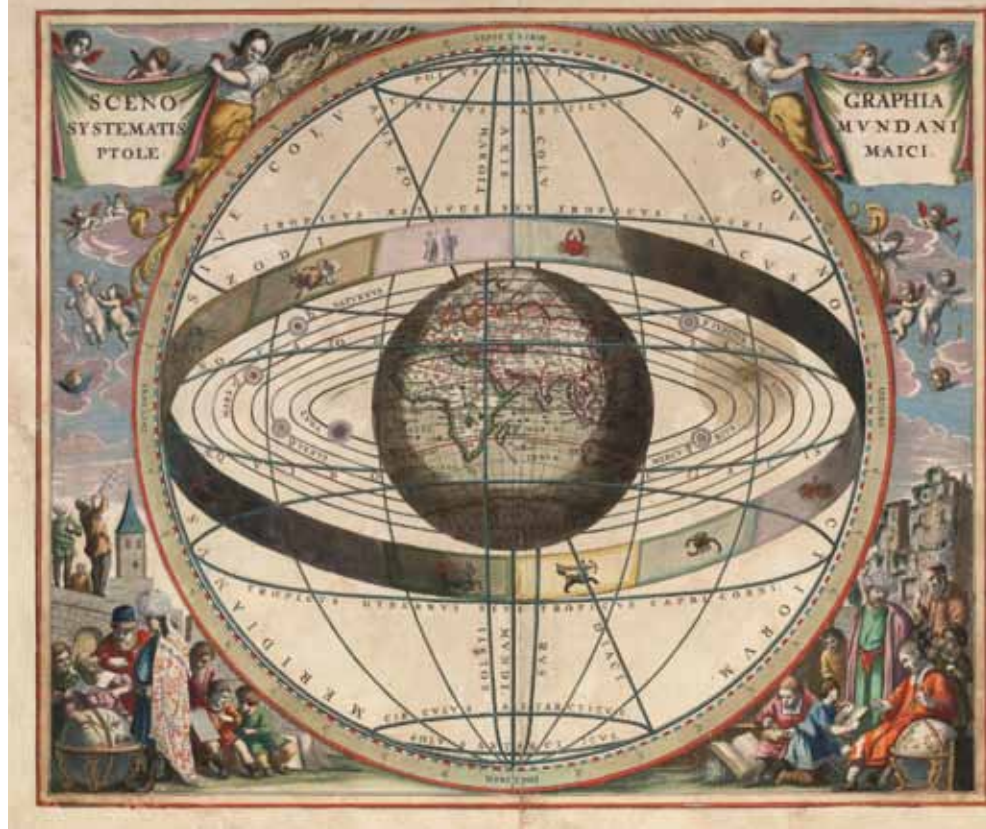
Fragmento de *Los elementos* de Euclides, escrito en papiro, hallado en el yacimiento de Oxirrinco (Oxyrhynchus), Egipto. / Wikimedia Commons

comentarios cumplían una función igualmente respetable, pues permitieron la transmisión del saber de siglos anteriores hasta nuestros días, además de responder a un objetivo sobre todo pedagógico ya que el propósito último de estos trabajos era acercar y facilitar a los alumnos la comprensión de las grandes obras de la astronomía y las matemáticas de la época helenística. Pero, incluso en estos trabajos considerados tradicionalmente como una



A la izquierda de la pintura "La escuela de Atenas" de Rafael Sanzio se encuentra Hipatia, vestida de blanco y observando al espectador. / Wikimedia Commons

Representación del sistema Ptolemaico por Johannes van Loon (1611-1686): la Tierra permanece fija ocupando el centro del universo mientras que los demás astros giran a su alrededor. / National Library of Australia (Wikimedia Commons)



labor secundaria, Hipatia demuestra que fue una matemática excepcional al mejorar las teorías originales. Son tres los comentarios atribuidos a su mano: el comentario a *la Aritmética de Diofanto* (donde perfecciona los modelos de las ecuaciones algebraicas); en segundo lugar, el que dedica a *las Cónicas de Apolonio*, en el que ofrece una versión accesible del estudio de las cónicas, curvas que aparecen al cortar un cono con un plano (circunferencias, elipses, parábolas e hipérbolas). Este trabajo constituye un instrumento clave para explicar las órbitas de los planetas y, en él, la aportación de Hipatia resulta tan notable que el astrónomo Edmund Halley se dedicó a coleccionar las distintas versiones existentes con el fracasado propósito de distinguir de modo preciso las innovaciones de la científica. Su tercera y más destacada obra es el comentario a la *Syntaxis Mathematica de Ptolomeo* (conocido como *Almagesto*, el Gran libro) el tratado matemático y astronómico más importante hasta las aportaciones de Copérnico en el s.XVI. El comentario de Hipatia corresponde al tercer libro en el que perfecciona y actualiza las tablas ptolemaicas. Sus mejoras afectan a los cálculos del movimiento del Sol formulados por Ptolomeo y en lugar de mantener como modelo el año trópico (el tiempo que tarda el Sol en volver al mismo equinoccio, 365 y un cuarto de día), propone como mucho más preciso el empleo del año sótico (el período que tarda el Sol en pasar por una estrella fija, Sirio, 365 días 6 horas y varios minutos).

Tras la aparición de Hipatia, habrá que esperar 1.200 años para encontrar otra mujer que realice aportaciones tan destacadas como las suyas. Fue a principios del XVII cuando la polaca María Cunitz, casada con un astrónomo, intentó corregir las tablas de Kepler y más adelante, Elisabeth Korpmann, colaboró con su marido catalogando la posición de 1.888 estrellas. Su labor

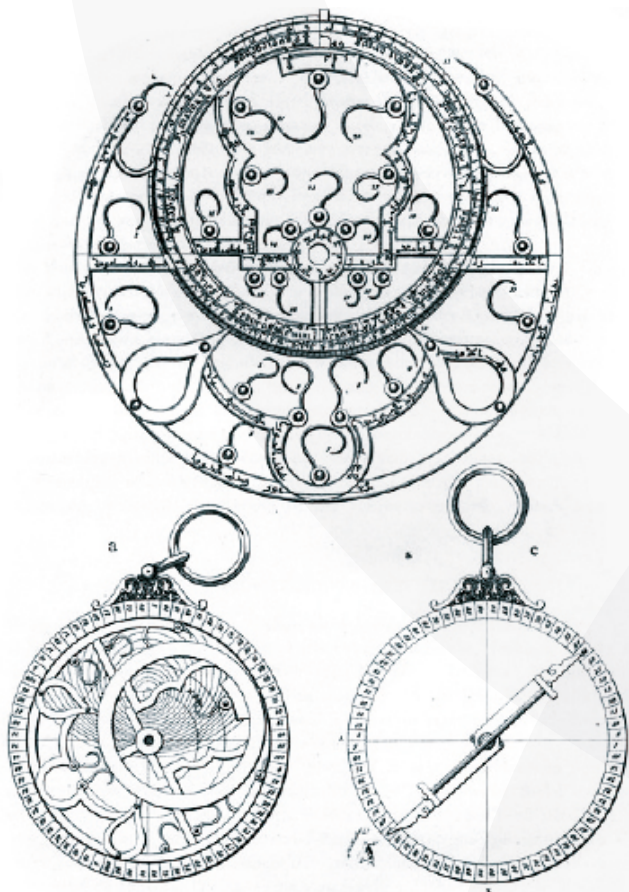
Su comentario a la *Syntaxis Mathematica* de Ptolomeo es el tratado astronómico más importante hasta la aportación de Copérnico

científica fue continuada tras su muerte por sus hijas que siguieron calculando las efemérides (tablas de los movimientos y posiciones de los cuerpos celestiales) para la Academia de Ciencias de Berlín. Con ellas volvemos de nuevo a comprobar que la incorporación de la mujer al ámbito científico derivó exclusivamente de sus circunstancias familiares.

Pero las fuentes antiguas resaltan sobre todo la labor de Hipatia como filósofa, un conocimiento estrechamente unido a su inclinación científica. Y es que en los siglos IV y V d.C., y particularmente en Alejandría, la astronomía se consideraba como la más científica de las iniciativas filosóficas, un instrumento para obtener respuestas a las cuestiones filosóficas fundamentales: ¿quiénes somos? ¿de dónde

venimos? ¿cuál es nuestro sitio? Esta relación entre ciencias y filosofía tiene un larga tradición sobre todo en la reflexión filosófica que practica Hipatia, el neoplatonismo. Hipatia no es la única intelectual que aún la enseñanza de filosofía y ciencia pues conocemos a otros filósofos neoplatónicos alejandrinos que también impartían lecciones de astronomía como Olimpio o Eutoquio. Y es que, en efecto, Platón recoge la astronomía (junto a la aritmética y la geometría) como una de las disciplinas que permiten el conocimiento filosófico, pues el conocimiento de los astros posibilita al hombre conducir su vida con una regla de acción. Incluso las instrucciones que Hipatia envía a su alumno, Sinesio de Cirene, para construir un astrolabio (una de las aportaciones de Hipatia en el campo de la técnica y la mecánica, junto a la construcción de un hidrómetro) poseen un objetivo filosófico, ya que con el aparato “podrá forzar los ojos para mirar por encima de las apariencias”.

Aún así, la sabiduría por sí sola no es suficiente y para alcanzar el propósito último de la reflexión filosófica esto es, contemplar el Uno, la causa original de las cosas temporales, no basta con el conocimiento: es necesaria la perfección ética. Por este motivo, al mismo tiempo que forma a sus alumnos con los instrumentos científicos y filosóficos propios del neoplatonismo, les instruye en los principios morales más adecuados: el dominio de los sentidos (*sofrosinè*), la templanza



Arabishes Astrolabium, 1208. / Wikimedia Commons

(*phronesis*) y la *apatheia*, que supone la liberación total de emociones y afectos y la indiferencia hacia la realidad temporal. Dominadas las pasiones terrenales, el individuo aprende a prescindir de la belleza corporal, efímera, y logra la purificación del alma. Hipatia no sólo enseña a sus alumnos este código de conducta sino que además lo practica, como podemos comprobar cuando repasamos algunos de los datos biográficos que conocemos, como su continencia sexual que llevó hasta el extremo de permanecer virgen durante su vida.

Hipatia fue víctima de un conflicto de intereses, y su muerte el fin de un enfrentamiento entre el poder civil y el religioso

A pesar de todas estas circunstancias, que la hacen merecedora de un lugar destacado en el mundo tardoantiguo, el recuerdo de Hipatia ha quedado marcado por su trágica muerte a manos cristianas durante la Pascua del año 415. Aunque las fuentes no precisan quiénes fueron los directos responsables del crimen, una ley imperial promulgada un año más tarde permite reconocer como posibles culpables a los parabolanos, un grupo de laicos dedicados a la asistencia hospitalaria. El hecho de

que fueran empleados con frecuencia por el obispo Cirilo como brazo armado para imponer sus decisiones revela al patriarca, al menos, como instigador del asesinato.

Pero la muerte de Hipatia no fue consecuencia del conflicto religioso entre paganos y cristianos o al menos no fue la causa profunda. Lo cierto es que, tras la muerte de Hipatia, paganos y cristianos siguieron conviviendo durante más de un siglo. La escuela filosófica de Alejandría en el 529 continuaba teniendo como director a un pagano, Amonio, y como su segundo a un cristiano, Juan Filópono. De manera que Hipatia fue más bien víctima del conflicto de intereses, y su muerte el acto final del enfrentamiento entre el poder civil y el religioso. El prefecto imperial Orestes buscaba la colaboración de los cristianos opuestos al obispo y a su violencia, y de la aristocracia pagana para conformar un grupo de presión con objeto de aislar a Cirilo. Como Hipatia era una pieza clave, con su asesinato se pretendió eliminar el símbolo de esta nueva alianza de paganos, judíos y cristianos, enemiga del patriarca. De hecho, las fuentes antiguas ya recogen que el apoyo de Hipatia a Orestes era una amenaza para Cirilo. Sócrates escolástico, una de nuestras fuentes, sintetiza el complicado juego de relaciones del momento

al recordar que Hipatia es el león en el camino para la reconciliación entre el obispo y el prefecto.

La muerte de la filósofa fue potenciada desde la Ilustración como reflejo del fin de la civilización griega. Esta instrumentalización contribuye a consolidar una imagen de Hipatia cada vez más distorsionada y dominada por su dramática muerte. Por ello, se insiste en la violencia y en los componentes sexuales del asesinato y su labor científica queda reducida a la categoría de mera anécdota, destinada a resaltar la brutalidad del crimen y acentuar la carga simbólica de su asesinato: la razón vencida a manos del dogmatismo cristiano. Estas recreaciones han construido una imagen de Hipatia, y por añadidura de la Alejandría tardoantigua, que se ha perpetuado en el imaginario artístico y literario pero que no se ajusta a la realidad histórica. ●



Astrolabio persa del siglo XVIII. / Fotografía: Andrés Dunn (Wikimedia Commons)

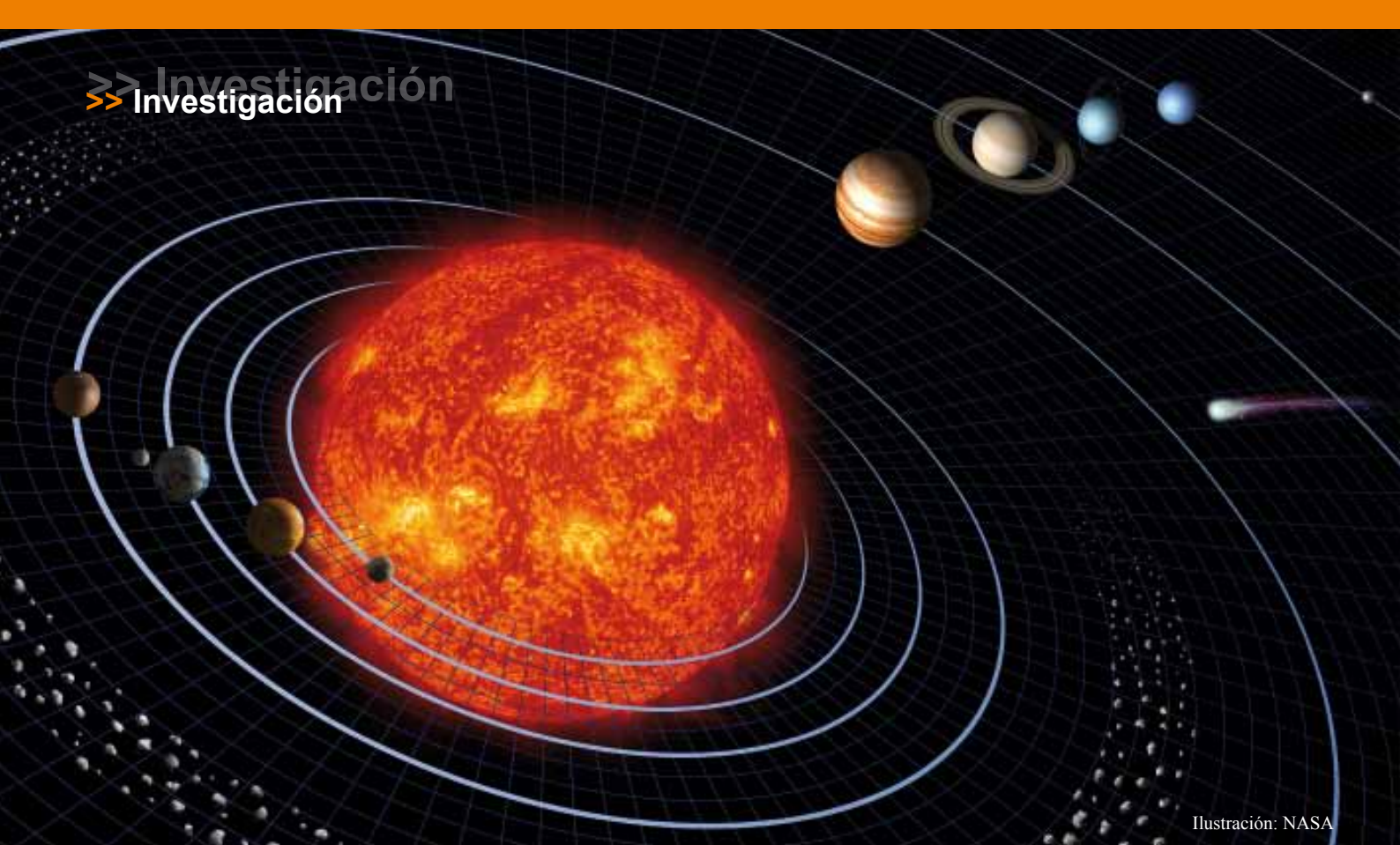


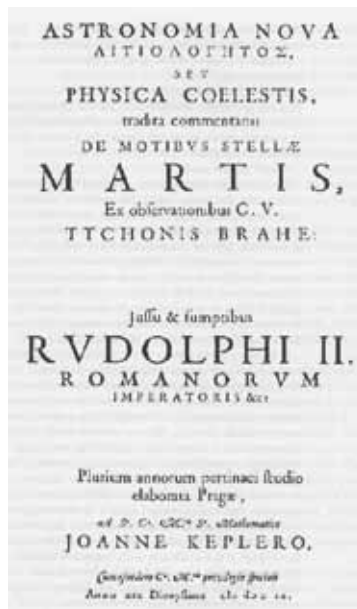
Ilustración: NASA

Kepler, el matemático que pintaba órbitas planetarias

Este científico alemán revolucionó los cánones astronómicos del siglo XVII con tres leyes que demostraron, entre otras cosas, que el recorrido de los planetas en el espacio era elíptico y no circular, y que permitieron saber la masa de los astros a cientos de miles de kilómetros.

>> **Alberto Castellón Serrano** / *Profesor de Astronomía de posición*

Durante el 2009, Año Internacional de la Astronomía (AIA), una considerable cantidad de actividades de todo tipo ha recordado que, hace justo cuatro siglos, Galileo apuntó al cielo con un anteojo fabricado por él mismo. Los descubrimientos que propició aquel nuevo aparato revolucionaron nuestra visión del universo. Sin embargo, hay una segunda efeméride que también se conmemora en el AIA. Y es que en 1609 se produjo asimismo un hecho crucial para el desarrollo de la astronomía y, en general, de la ciencia: Johannes Kepler publicaba, tras una década de investigaciones, *Astronomía nova*. En esta obra el matemático alemán mostró dos resultados rotundos a los que



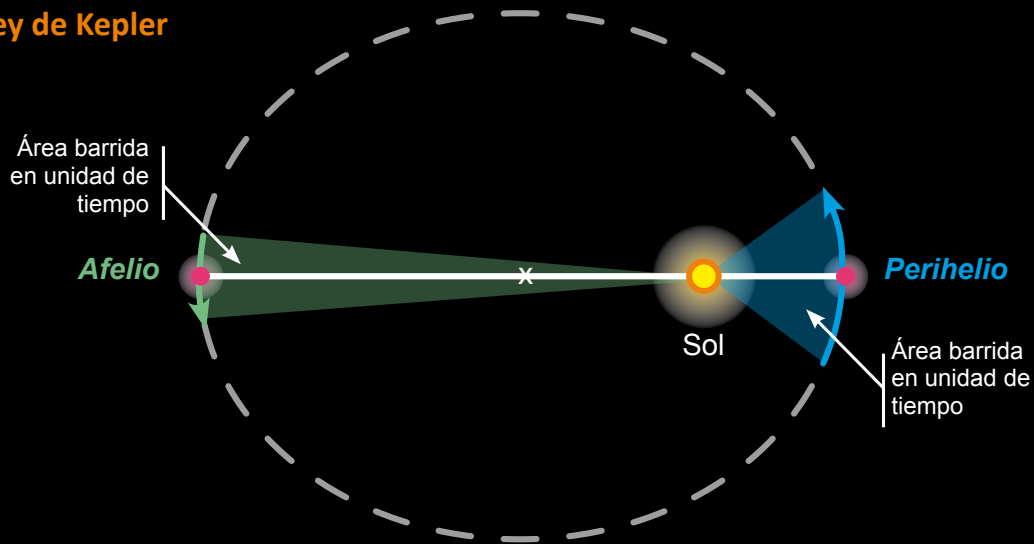
se conoce como *primera ley de Kepler* y *segunda ley de Kepler*. La tercera apareció algo más tarde en *Harmonice mundi* (1619). He aquí sus enunciados:

Primera ley: Los planetas se mueven según órbitas elípticas que tienen al Sol como uno de sus focos.

Segunda ley: El radio que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

Tercera ley: Los cubos de los radios medios de las órbitas de los planetas son proporcionales a los cuadrados de los tiempos que invierten en recorrerlas.

Segunda Ley de Kepler



Consiguió predecir tránsitos de Venus y Mercurio por delante del disco solar, aunque no vivió lo suficiente para presenciarlos

Estas tres leyes describían y cuantificaban las evoluciones de las llamadas *estrellas errantes*. Además, permitían calcular con precisión las posiciones que ocuparían los planetas en la esfera celeste a una fecha dada. Por ejemplo, Kepler consiguió predecir tránsitos de Venus y Mercurio por delante del disco solar, aunque no vivió lo suficiente como para presenciarlos. En definitiva, las investigaciones de Kepler, como antes las de Copérnico y Galileo, constituyeron una de las primeras manifestaciones de la ciencia moderna. Kepler comprobó, teniendo en cuenta los tres modelos cosmológicos de los que se disponía en la época (el de Ptolomeo, el de Copérnico y el de Brahe), que los datos observacionales cuadraban con los calculados si se presuponían las leyes anteriores.

Hasta la genialidad de Kepler, no se concebían otras órbitas para los planetas que las circulares. Imposible que la inteligencia del Creador hubiera recurrido a curvas más imperfectas que la circunferencia. No obstante, la matemática griega clásica ya había aportado toda una teoría acerca de las secciones cónicas. En una órbita elíptica, la excentricidad e expresa el cociente c/a entre la semidistancia focal

c y el semieje mayor a , también llamado este *radio medio* al obtenerse como media aritmética entre las distancias mínima y máxima del planeta al Sol. (Al lugar de la órbita de distancia mínima se le conoce como *perihelio*, y al de distancia máxima, *afelio*.) La excentricidad, que toma valores en el intervalo $[0,1)$, proporciona una idea del achatamiento de la elipse. Una excentricidad $e = 0$ corresponde a la circunferencia. Salvando a Mercurio ($e = 0.20563$), del que era muy complicado obtener medidas fiables debido a su permanente proximidad al Sol, el resto de las órbitas planetarias poseen excentricidades muy bajas. No obstante, la excentricidad $e = 0.09341$ del planeta Marte ya alcanzaba un valor lo bastante elevado como para que una circunferencia no se ajustase con exactitud a sus movimientos por el cielo. Y de Marte sí que compiló Tycho Brahe una importante cantidad de datos gracias al imponente círculo mural que construyó en su castillo de Uraniborg. Este ha sido el instrumento de medida más preciso (error de $1'$ de arco) que no se auxiliaba de más óptica que el ojo desnudo. Kepler basó sus cálculos en las valiosísimas *Tablas rudolfinas* de Tycho.

La segunda ley, que puede reenunciarse diciendo que el área del sector de elipse barrida por el radio vector del planeta es proporcional al tiempo, impone que la velocidad del astro no sea uniforme si $e > 0$, alcanzando su máximo en el perihelio, y su mínimo en el afelio. La Tierra, por ejemplo, con $e = 0.01671$, viaja a 30.29 kilómetros por segundo (Km/s) en el perihelio (alrededor del 4 de enero), y solo

a 29.29 Km/s en el afelio (hacia el 4 de julio). Esta circunstancia es la causante de que cada *día solar* (intervalo entre dos pasos consecutivos del Sol por el meridiano del lugar) tenga una duración distinta. Así, a las 12:00 de T.U. el Sol no siempre señala el Sur. En ocasiones pasa con adelanto, en ocasiones con retraso, sobre la hora oficial. Estas diferencias son tan apreciables que hay que plasmarlas en los relojes de Sol que aspiren a la precisión.



Uraniborg, ilustración del libro *Astronomiae Instauratae Mechanica*, Tycho Brahe, 1598. Wikimedia Commons

A la derecha, libración lunar en longitud /
Foto: Copyright David Haworth

Abajo, modelo platónico del Sistema Solar
presentado por Kepler en su obra *Mysterium
Cosmographicum*. / Wikimedia Commons

Otro efecto palpable de la segunda ley es factible de ser detectado por cualquiera que posea un pequeño telescopio. Se trata de una de las *libraciones* lunares. (Por libración se entiende al fenómeno según el cual puede verse desde la Tierra parte de la cara oculta de la Luna.) Sabido es que las mareas que ejerce la Tierra sobre su satélite han aminorado la rotación lunar de modo que la Luna presenta siempre el mismo hemisferio a la Tierra. Pero la segunda ley, aplicable a cualquier par de cuerpos celestes entre los que se ejerza la gravedad, obliga a la Luna a desplazarse con mayor velocidad en el perigeo (lugar más próximo) que en el apogeo (lugar más alejado). Así, la Luna rota, respecto a su traslación, con algo más de rapidez en el apogeo, mostrándonos por su limbo occidental zonas de su cara oculta. En el perigeo sucede lo contrario, se traslada a más velocidad que la de rotación, no dándole tiempo a ocultar del todo su borde oriental.

He aquí la expresión matemática de la tercera ley para el sistema solar:

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{constante},$$

donde a es el semieje mayor (o radio medio) de la órbita de un planeta, y T , el periodo de traslación de ese planeta, es decir, el tiempo que tarda en dar una vuelta al Sol. Por ejemplo, el radio medio de Neptuno es unas 30 veces el de la

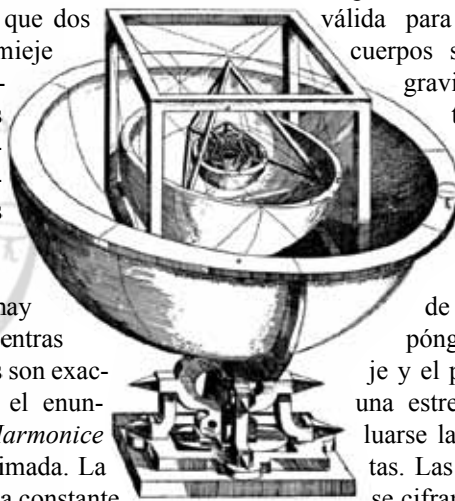
Ante la imposibilidad de realizar una medida directa, sus tres leyes nos han permitido conocer de forma estimada la masa de los planetas

Tierra. De esta forma, aplicando la tercera ley con el semieje mayor de la Tierra, se obtiene que Neptuno invierte algo más de 164 años en completar un giro alrededor del Sol. Lo que sorprende es que en el periodo de traslación T solo influya el radio medio a , y no la longitud total de la órbita. Esto quiere decir que dos órbitas del mismo semieje a , aun siendo de longitudes muy distintas si es que poseen diferentes excentricidades, serán recorridas en el mismo tiempo.

Por otro lado, hay que advertir que, mientras las dos primeras leyes son exactas, esta tercera, en el enunciado original de *Harmonice mundi*, solo es aproximada. La causa estriba en que la constante del segundo miembro depende en realidad de las masas M y m de los cuerpos involucrados. (Véase el recuadro adjunto, p.33) En el caso en que M represente a la masa del Sol, y m , a la de un planeta, esta última masa resulta despreciable en

comparación con la de nuestra estrella, de forma que, con los datos de los que disponía Kepler, el cociente a^3/T^2 era prácticamente el mismo para todos los planetas. No obstante, existen ligeras disparidades. Gracias a ellas es posible estimar masas planetarias. En el recuadro se calcula, por ejemplo, la masa de Júpiter $m = 0.00219$ masas solares. Una cantidad pequeña, sí, e insuficiente como para que en el siglo XVII se apreciaran desviaciones a la tercera ley, pero esas 0.00219 masas solares son significativas.

La expresión exacta de la tercera ley, válida para cualquier pareja de cuerpos sometidos a atracción gravitatoria mutua, permite entonces cuantificar masas de cuerpos celestes sin necesidad de proceder con una medida directa, imposible de realizar. Si se calcula, póngase por caso, el semieje y el periodo de la órbita de una estrella doble, podrá evaluarse la masa conjunta de éstas. Las masas de los planetas se cifran con cierta precisión a partir de las órbitas de sus satélites (naturales o artificiales). Estos poseen masa despreciable en relación a su planeta. Y, al girar con mucha rapidez, se dispone de una gran cantidad de datos acerca de su trayectoria.



Newton se inspiró en la tercera ley para su ‘regla del inverso’, de la que deduciría su famosa teoría de la gravitación universal

Por desgracia, no hay suficiente espacio en estas líneas para incluir el interesante relato de cómo Kepler concibió sus tres leyes. Baste mencionar que el astrónomo danés Tycho Brahe contrató a Kepler como matemático. Siempre recelaron el uno del otro. Brahe dosificaba los datos que proporcionaba a Kepler, pues solo estaba interesado en validar su modelo del cosmos. Hubo de fallecer este para que Kepler se hiciera con las *Tablas rudolfinas*.

Fue la tercera ley la que inspiró a Newton la regla del inverso del cuadrado de la distancia. A partir de ahí formuló la ley de la gravitación universal y dedujo, como consecuencia de ella, las tres leyes de Kepler. Además, otros dos tipos de órbitas fueron descritas, las hiperbólicas y las parabólicas, que son las seguidas por cuerpos que no llegan a ser capturados en trayectorias estables. Asimismo, Newton

integró el movimiento balístico estudiado por Galileo. Al parecer, Hook manifestó a Halley que había constatado la ley de las elipses a partir de su propia teoría de la gravedad como fuerza de emanación, pero no le revelaría los argumentos hasta que no los tuviese a punto. Halley, enfadado, visitó a Newton para preguntarle cómo sería una órbita en caso de satisfacerse la ley del inverso del cuadrado de las distancias. (*La fuerza con que se atraen dos cuerpos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.*) Newton respondió de inmediato: *una elipse*. Y es que Newton concluyó con tal hecho cuatro años antes, pero había perdido la demostración. Tardó cuatro meses en reconstruirla y mejorarla, fruto de lo cual publicó los *Principia*.

Finalmente, las leyes de Kepler dejarían de tener validez en física relativista. Sin embargo, con el grado de precisión de los actuales instrumentos de medida, solo se observan discrepancias respecto de la física newtoniana en la proximidad de objetos muy masivos, en donde se hace significativa la curvatura del espacio-tiempo. En el caso del sistema solar, este hecho únicamente se constata en la órbita de Mercurio. Pero esto ya es otra historia... ●

Mapa del mundo, de *Tabulae Rudolphine*.
(Wikimedia Commons)



>> Tercera Ley de Kepler

De las leyes de Newton se deduce la siguiente expresión de la tercera ley de Kepler:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (M + m),$$

donde G es la constante de la gravitación universal, a es el semieje mayor (o radio medio) de la órbita, y T es el periodo de traslación de un cuerpo de masa m que gira alrededor de un cuerpo de masa M . En realidad, ambos cuerpos giran alrededor del centro de masas del sistema. Decir que un cuerpo gira alrededor de otro no es sino adoptar el punto de vista del cuerpo más masivo.

En 1976, la Unión Astronómica Internacional estableció como unidad de masa la masa solar, como unidad de longitud la unidad astronómica (U.A.), que es el radio medio de la órbita terrestre (unos 150 millones de kilómetros), y como unidad de tiempo el día de 86400 segundos del Sistema Internacional. Si se expresa la constante G en tales unidades, la tercera ley queda en la forma

$$133412.5728 \frac{a^3}{T^2} = M + m$$

Por ejemplo, en el Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid del 2008 se leen los siguientes datos para Júpiter:

$$T = 4330.62 \text{ días}, \quad a = 5.203363 \text{ U.A.}$$

Esto da $M + m = 1.00219$, que sería la masa conjunta del Sol y de Júpiter. Y como $M = 1$, ya que el Sol posee una masa solar, se deduce entonces que Júpiter tiene $m = 0.00219$ masas solares.

Del anteojo a la óptica adaptativa

Buena parte de lo que conocemos del universo se debe a lo que se aprecia a través de los telescopios, pero estos no siempre han tenido la misma forma, ni la misma precisión. Desde que por primera vez Galileo utilizara un anteojo en el siglo XVII este no ha dejado de evolucionar.

>> **Antonio Puerta Notario** / *Catedrático de Teoría de la Señal y Comunicaciones*

Cuando en Padua, hace ahora 400 años, Galileo dirigió hacia el cielo por primera vez un primitivo anteojo que él mismo había construido, protagonizó sin duda uno de los acontecimientos más trascendentales para el desarrollo de la ciencia moderna.



Observando la Luna con uno de esos primeros telescopios, y a pesar de sus escasas prestaciones, Galileo pudo quedar extasiado al comprobar que, tal como se venía sospechando, la Luna no parecía estar formada por ninguna clase de materia divina y, por lo tanto, perfecta, según sostenía la doctrina de inspiración aristotélica oficialmente establecida en aquel tiempo. Más bien, al contrario, pensó que por su aspecto -rico en detalles orográficos similares a los ya conocidos en nuestro mundo-, ese astro debería tener muy probablemente una composición y unas características parecidas a las de la Tierra.

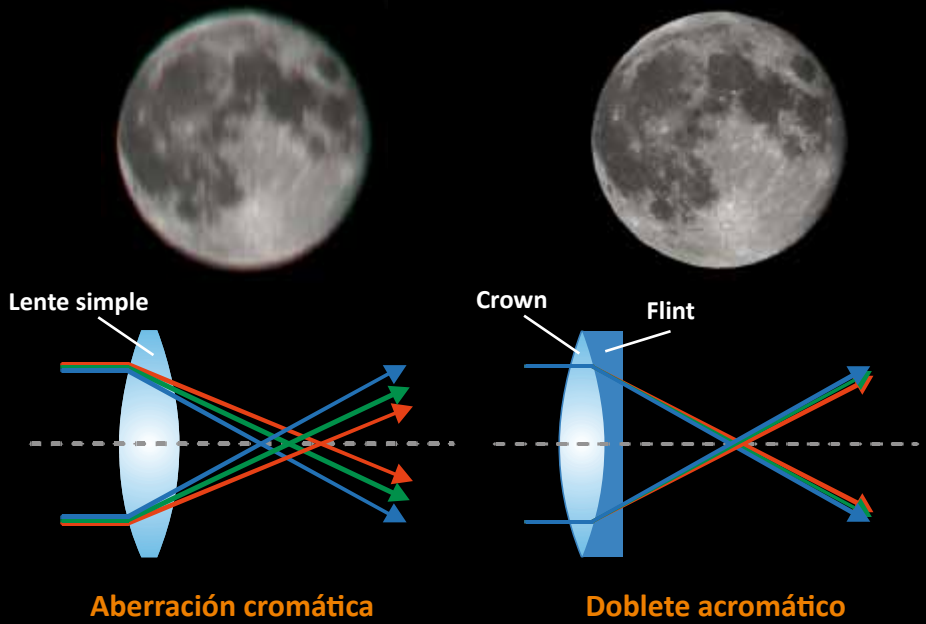
Además de su conocido estudio sobre la Luna, Galileo realizó con instrumentos similares otros importantes descubrimientos como el de los cuatro satélites principales del planeta Júpiter y las fases de Venus, que dieron el respaldo experimental al conocimiento de la estructura del Sistema Solar basado en el modelo heliocéntrico de Copérnico.

Los instrumentos que construyó Galileo eran muy rudimentarios y aún se conservan dos de ellos completos en el Museo de la Historia de la Ciencia en Florencia. En el más grande de estos dos instrumentos, el objetivo, elemento principal de cualquier telescopio, es una lente plano-convexa de 37 mm de diámetro, dotada de un diafragma que deja una apertura útil de tan sólo 15 mm. De esta manera, aunque se conseguía paliar apreciablemente las aberraciones producidas por las lentes, muy toscamente talladas y pulidas

mediante los procedimientos de la época, también quedaba enormemente limitada la potencialidad del instrumento, que reside, precisamente, en esa apertura. No en vano, de ella depende la cantidad de luz que el instrumento capta procedente del



Wikimedia Commons



La misión del objetivo del telescopio consiste en formar una imagen reducida del objeto bajo observación, que se supone situado a mucha distancia

objeto observado y que, eventualmente, es canalizada hacia el receptor final, por ejemplo, el ojo humano.

A medida que se hizo posible fabricar lentes más refinadas y de mayor diámetro, y pudieron así construirse telescopios más potentes, se pusieron de manifiesto otras limitaciones. Entre ellas, la más significativa era la aberración cromática, debida a que las lentes simples refractan los rayos de luz dependiendo de su longitud de onda, es decir, de su color dominante.

La misión del objetivo del telescopio consiste en formar una imagen reducida del objeto bajo observación, que se supone situado a una enorme distancia (en el infinito), sobre un plano denominado plano focal. Si el objetivo consiste en una lente simple, en realidad, formará una sucesión de imágenes en planos paralelos distintos, correspondientes a cada uno de los colores captados.

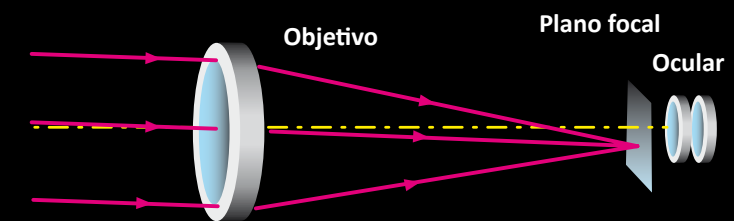
Como consecuencia, las imágenes observadas presentan una fuerte irrisación coloreada en los bordes, que se hace especialmente molesta y compromete muy seriamente la resolución del instrumento. Este problema no se resolvió de forma satisfactoria para los telescopios refractores (aquellos cuyo objetivo es una lente o conjunto de ellas) hasta la aparición, a

mediados del siglo XVIII, de los dobletes acromáticos, sistemas compuestos por dos lentes adosadas de vidrios de distinto índice de refracción (Flint y Crown), con lo que se consigue no sólo compensar eficazmente la aberración cromática sino que también, al disponer de un mayor número de grados de libertad, se pueden reducir otras aberraciones, especialmente la esférica, mejorándose sustancialmente la calidad de las imágenes conseguidas.

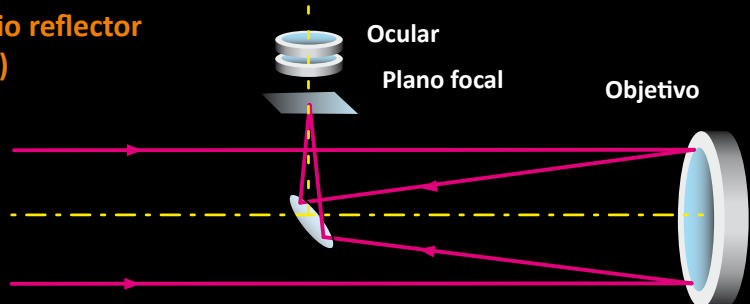
Sin embargo, en época muy próxima a los descubrimientos de Galileo, se abrió una importantísima línea alternativa para la construcción de telescopios. Consistía en sustituir los objetivos basados en lentes por espejos cóncavos, de figura inicialmente esférica, tallados sobre una aleación de cobre y estaño, que ya a principios del siglo XX fue reemplazada por vidrio metalizado.

La lente convergente que configura el objetivo de un telescopio refractor elemental concentra en su foco los rayos paralelos que proceden de una fuente puntual situada a distancia infinita, por ejemplo, de una estrella. Pues bien, un espejo cóncavo de forma parabólica (muy aproximada a un simple casquete esférico) realiza idéntica función. El problema es que, mientras que la imagen formada por la lente está al lado contrario del objeto, por lo que puede observarse cómodamente a través del correspondiente ocular, la que forma el espejo cóncavo está al mismo lado, lo que dificulta el acceso directo a ella. Este inconveniente se solventa mediante la introducción en el eje óptico de un pequeño espejo plano diagonal (espejo secundario) a 45°, para extraer lateralmente el plano focal. Esta estructura, propuesta y realizada por Newton en 1668 marca el nacimiento de los telescopios reflectores. Sin embargo, otra configuración surgida muy pocos años después, debida a Cassegrain, es la que con ciertas variantes adoptan la práctica totalidad de los telescopios modernos. En ella, el espejo secundario es hiperbólico en vez de plano, y se dispone de forma coaxial al primario, que lleva un orificio central para extraer el plano focal.

Telescopio refractor



Telescopio reflector (Newton)





El matemático ruso Andréi Nikoláyevich Kolmogórov desarrolló un modelo fisico-matemático para las turbulencias atmosféricas. / Wikimedia Commons

>> Turbulencias y estrellas

Durante casi dos siglos compitieron los telescopios reflectores y refractores en la carrera por conseguir mayores diámetros, pero el progreso de los grandes refractores finalizó con el mayor telescopio de esta clase para uso científico que se ha construido, instalado en el observatorio de Yerkes de la Universidad de Chicago, con un objetivo de 1 metro de diámetro, y que se inauguró en 1897.

El específico peso del vidrio imposibilita mantener de forma estable la figura de grandes lentes con la precisión exigida (fracciones de micra). Sin embargo, en los telescopios reflectores, al poderse utilizar soportes distribuidos en el reverso de los espejos, estos han continuado aumentando en tamaño hasta alcanzar diámetros realmente colosales, de entre 8 y 11 metros, en los instrumentos actuales más modernos. El GTC, en la isla de La Palma, tiene un espejo primario segmentado, equivalente a 10,4 metros de diámetro.

Pero, superadas todas las barreras tecnológicas para conseguir esas enormes aperturas con precisión micrométrica, que han permitido detectar galaxias a distancias de miles de millones de años luz, el principal problema para la observación astronómica desde la Tierra es la presencia de la atmósfera, y muy especialmente las turbulencias que permanentemente, con mayor o menor intensidad, se forman en ella. Su efecto reduce drásticamente la resolución de los objetivos telescópicos, degradando de forma dramática las prestaciones alcanzables. Como consecuencia de este fenómeno, la luz procedente de las estrellas y galaxias, que puede haber estado viajando durante miles o millones de años sin alteración alguna antes de llegar a nosotros, sólo en las últimas 50 millonésimas de segundo, tiempo en el que atraviesa la atmósfera, sufre profundas alteraciones de naturaleza aleatoria, que ocasionan la pérdida de una gran cantidad de información.

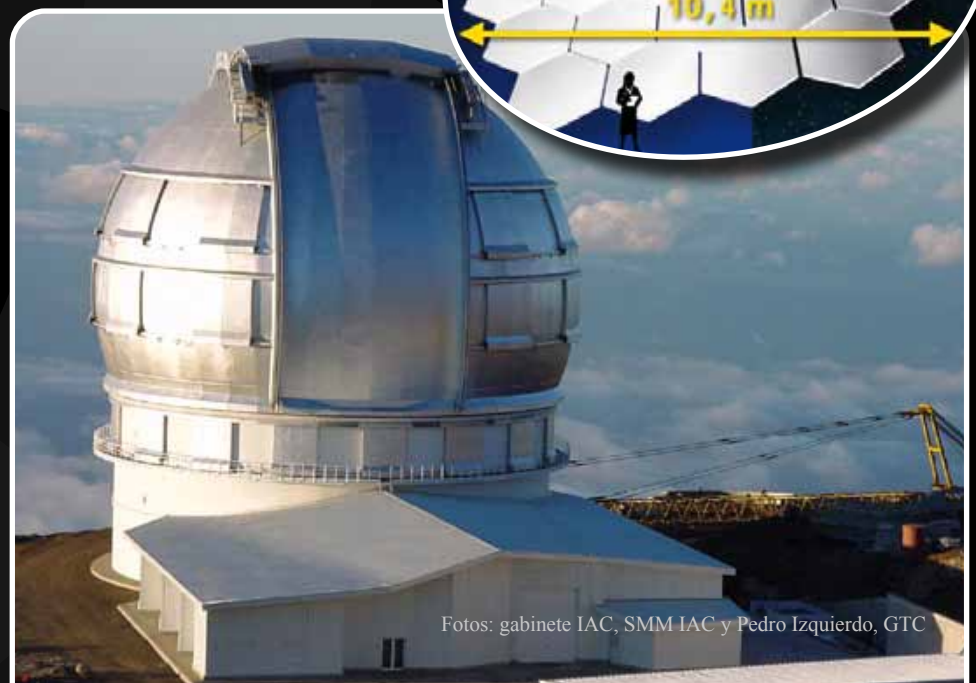
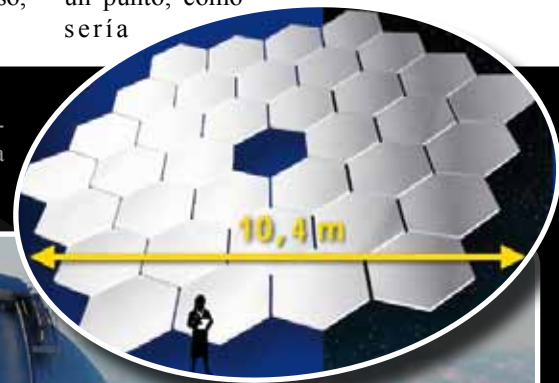
Según el modelo que desarrolló Kolmogórov hacia la mitad del siglo pasado, el régimen turbulento de la atmósfera está compuesto por un proceso continuo de generación de torbellinos, que se descomponen progresivamente en otros torbellinos cada vez de menor tamaño, hasta su desaparición total con disipación de energía. El tamaño de estos torbellinos puede fluctuar entre los centenares de metros y algunos milímetros, y las masas de aire que los forman están a temperaturas ligeramente distintas entre sí. Por lo tanto, como el índice de refracción del aire depende de su temperatura, los índices de refracción de los torbellinos colindantes presentan también, en correspondencia, valores con ligeras diferencias (de algunas partes por millón). De esta forma, y desde el punto de vista óptico, puede considerarse que cada torbellino se comporta como una lente individual, aunque de muy escasa potencia. Se entiende, sin embargo, que teniendo en cuenta la continua transformación de los torbellinos y su movimiento causado por el viento, el efecto global sobre cualquier haz de luz que se propague por esa atmósfera turbulenta pueda llegar a ser muy intenso, y de naturaleza compleja y aleatoria.

La luz procedente de una estrella puede modelarse como una sucesión de planos paralelos entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación, los frentes de onda, que se desplazan a la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo (onda electromagnética). En este modelo, la distancia entre planos consecutivos sería igual a la longitud de onda de la luz recibida. El valor central en el espectro visible es de 0.55 micras, que suele utilizarse como referencia.

Según Kolmogórov, las turbulencias de la atmósfera están compuestas por torbellinos que, a modo de lentes, distorsionan la luz a su paso

Ignorando por el momento el posible efecto de la turbulencia, al recibir la luz de una estrella, el objetivo de un telescopio de pocos centímetros de apertura, pero supuestamente perfecto, forma en su plano focal una imagen que no es exactamente un punto, como sería

El espejo primario segmentado del Gran Telescopio de Canarias (GTC), en la isla de La Palma, mide 10,4 metros de diámetro.



Patrón de Airy compuesto por el disco central y los anillos de difracción. Así es la imagen telescópica con muy fuerte aumento de una estrella en condiciones ideales de observación. / Kai-Martin Knaak (Wikimedia Commons)



lo ideal. Realmente, y como consecuencia de la naturaleza ondulatoria de la luz, la imagen que se forma de la estrella es un pequeño disco luminoso, denominado disco de Airy, acompañado de algunos anillos concéntricos de luminosidad mucho menor. El diámetro angular de la zona central y más luminosa de ese disco (intensidad superior al 50% del valor máximo) coincide de forma muy aproximada con el cociente entre la longitud de onda de la luz recibida y el diámetro del objetivo ($\theta = \lambda/D$).

Este resultado es fundamental en la óptica astronómica, ya que determina la máxima resolución, o poder separador, alcanzable por un telescopio. Se denomina también límite de difracción. Es decir, no pueden percibirse detalles con un ángulo subtendido inferior al diámetro del disco de Airy. De forma análoga, se trata también de la mínima distancia angular posible entre fuentes puntuales distintas, por ejemplo, estrellas dobles, para que puedan ser distinguidas individualmente como tales. Como se observa, a mayor diámetro mayor poder separador, al menos en teoría. De ahí que la potencialidad

de un telescopio realmente dependa del diámetro de su objetivo.

En la práctica, al aumentar el diámetro de la apertura considerada, el efecto de la turbulencia atmosférica se hace presente enseguida y el resultado teórico anterior deja de ser válido. Los frentes de onda, inicialmente planos, se distorsionan ondulándose de forma compleja por la acción acumulativa de los torbellinos. Esta distorsión provoca que la imagen que se produce en el plano focal del objetivo, además de desplazarse de forma errática, se ensancha considerablemente en promedio (se emborrona), variando además su forma y luminosidad con el tiempo. La consecuencia inmediata de este fenómeno, que se conoce como centelleo, es la drástica reducción de la resolución alcanzable.

El efecto descrito es tanto más acusado cuanto mayor es el diámetro del objetivo, ya que será también más considerable la distorsión de los frentes de onda en la porción que de ellos capta el objetivo. De hecho, desde el punto de vista de la observación astronómica, se

utiliza el denominado parámetro de Fried para describir las condiciones de visibilidad o *seeing* en una determinada situación. Puede interpretarse este parámetro como el diámetro máximo que puede tener el objetivo de un telescopio para que no se aprecie el efecto de la turbulencia. Por encima de ese valor, el aumento de diámetro va a seguir incrementando, lógicamente, la luminosidad, pero apenas se va a ganar en resolución. Si se tiene en cuenta que incluso en condiciones excepcionales, el parámetro de Fried para el espectro visible raramente supera los 20 cm, se entiende la enorme incidencia que tiene el fenómeno de la turbulencia atmosférica en la observación astronómica desde tierra. Precisamente, por manifestarse este efecto, incluso con aperturas bastante reducidas, su efecto fue descrito ya por Huygens en 1656 y tratado por Newton con bastante atención.

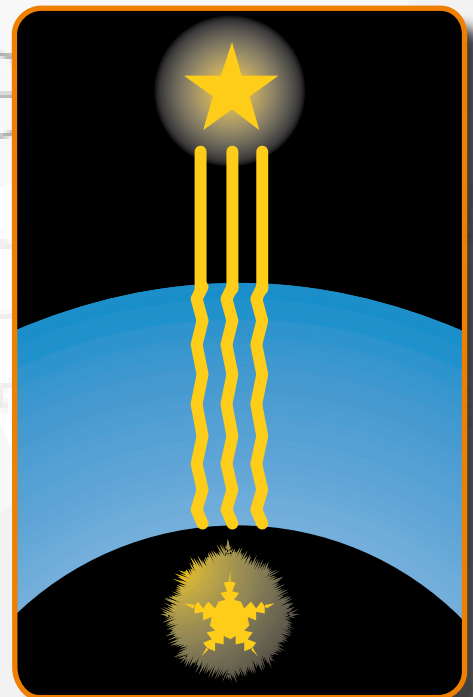
Se estima que el promedio de la resolución alcanzable en buenas condiciones de observación desde la superficie de la tierra está en torno a 1 segundo de arco, lo que equivale a poder distinguir detalles de 5 metros a una distancia de 1000 Km, Aún así, el progreso de la astronomía demanda mucha mayor resolución.

Afortunadamente, y dado el carácter aleatorio del efecto tratado, los límites anteriores suelen superarse considerablemente, pero durante intervalos muy cortos de tiempo (de fracciones de segundo), tal como se aprecia en la observación visual. Este hecho se ha aprovechado bastante recientemente para desarrollar técnicas basadas en el procesamiento de una secuencia de fotografías de corta exposición para, entre otras operaciones,

>>



Las imágenes de los astros que se obtienen desde la superficie terrestre quedan fuertemente deterioradas por efecto de las turbulencias atmosféricas.



detectar esos intervalos privilegiados. Sin embargo, estas técnicas solo son válidas para objetos muy luminosos como los planetas visibles a simple vista.

Obviamente, la superación radical de este problema se consiguió mediante los telescopios orbitales. Fue este el objetivo que impulsó su despliegue. Hubble, el más conocido, que tras la corrección ya en órbita de una inexplicable aberración esférica en el espejo principal de 2.4 m, alcanza una resolución superior a 0.1 segundos de arco y ha permitido, por ello, la obtención de espectaculares resultados.



Wikimedia Commons

Pero, sin duda, la empresa más audaz era plantear la posibilidad de cancelar desde los observatorios terrestres el efecto de la turbulencia atmosférica, y nada menos que corrigiendo en tiempo real y mediante dispositivos ópticos deformables, la distorsión de los frentes de onda. Esta propuesta, que es el fundamento de los actuales sistemas de óptica adaptativa fue presentada a principio de los años 50, casi como una elucubración de carácter futurista, que no se transformó en realidad hasta casi 30 años después. Tal como ha ocurrido en tantas otras ocasiones, una propuesta muy vanguardista tuvo que aguardar hasta que el nivel del desarrollo tecnológico hiciera posible su puesta en práctica.

>> La óptica adaptativa

Los sistemas de óptica adaptativa representan actualmente la solución para compensar eficazmente los efectos de las turbulencias atmosféricas en la observación astronómica desde la superficie terrestre. El elemento principal de un sistema de óptica adaptativa es el dispositivo corrector de frentes de onda. Consiste en un espejo que va cambiando de forma, ondulándose de manera opuesta a la distorsión de los frentes de onda que llegan procedentes del objeto a observar. De esta manera, en la luz reflejada en la superficie de ese espejo queda cancelada la distorsión inicial. Se trata de un proceso de extraordinaria complejidad, ya que las distorsiones a compensar varían con el tiempo y requieren en ocasiones cientos de adaptaciones automáticas por segundo. Además, la superficie de este dispositivo corrector se debe adaptar a formas muy diversas y en el rango de las fracciones de micra, como corresponde a las longitudes de onda de la luz a tratar.

En su versión más clásica, este dispositivo consiste en una lámina reflectora en cuyo reverso se dispone un conjunto de actuadores de pistón que se polarizan eléctricamente (piezoeléctricos) y que, con desplazamientos nanométricos, inducen la forma deseada para la superficie de la lámina. Este elemento corrector constituye en algunas realizaciones el espejo secundario del telescopio, asumiendo la doble función. Este es el sistema adoptado, por ejemplo, en el Gran Telescopio Binocular (en Arizona), que incorpora espejos secundarios de casi 1 metro de diámetro y 672 actuadores. Más recientemente, al disponerse de tecnología MEMS (Micro Electric Mechanical System), que permite la realización de espejos deformables en miniatura, con miles de actuadores integrados y de más fácil control, se tiende a realizar sistemas completos y más complejos de corrección adaptativa independientes de la óptica del telescopio, pero adosados a él.

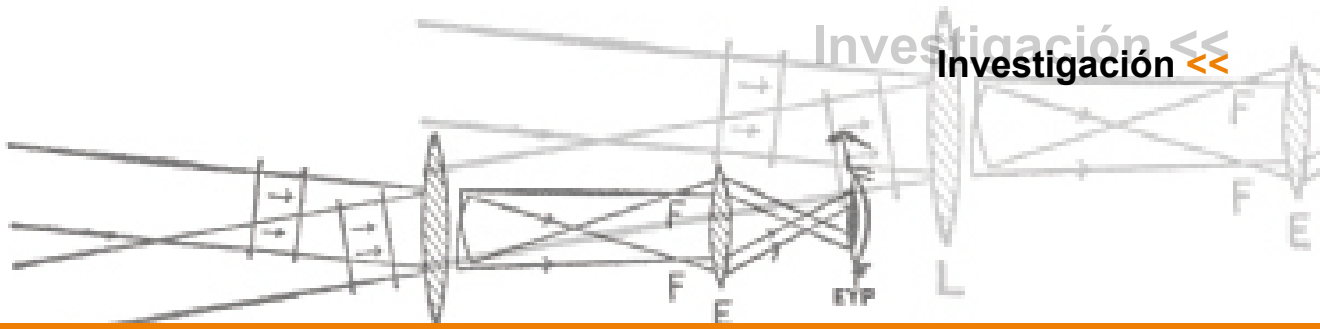
Un sistema de óptica adaptativa necesita medir en algún plano la distorsión de los frentes de onda de la luz, para que

sea posible generar las señales de control que gobiernan los actuadores del corrector. Esta función la realiza el denominado sensor de frentes de onda, segundo elemento fundamental en el sistema. Hay varias alternativas en la realización de este dispositivo. La más utilizada es el sensor de Shack-Hartmann, consistente en un panel formado por cientos de pequeñas lentes convergentes yuxtapuestas, que fragmentan los frentes de onda a evaluar. La desviación de la imagen de un objeto puntual de referencia respecto al eje óptico de cada una de las lentes es un indicador de la inclinación local del frente de onda y, por lo tanto, es también la información de partida para evaluar la distorsión del frente en todo el plano.

Los primeros sistemas de óptica adaptativa se desarrollaron en el marco de las aplicaciones militares de la Guerra Fría entre los años 1970 y 1980

El tercer y último elemento del sistema es el bloque reconstructor, encargado de generar las señales que gobiernan los actuadores del corrector a partir de la información generada por el sensor de los frentes de onda. Pero los sistemas actuales trabajan normalmente en bucle cerrado. Esto implica que la evaluación de los frentes de onda se haga tras la corrección, y no sobre la luz que llega, buscando minimizar la distorsión de los frentes resultantes. El bloque reconstructor calcula mediante algoritmos adecuados la deformación óptima a inducir sobre el dispositivo corrector para conseguir este objetivo, lo que debe hacerse, además, cientos de veces por segundo.

Los primeros sistemas de óptica adaptativa se desarrollaron en el marco de aplicaciones militares, en plena Guerra Fría (años 70-80). Primero para la captación de imágenes de satélites y, más



tarde, en relación con la llamada Guerra de las Galaxias, para concentrar potentes haces de Láser a través de la atmósfera. La desclasificación de todas las materias implicadas a principio de los años 90 y el consiguiente acceso a su conocimiento por parte de la comunidad astronómica ha supuesto una auténtica revolución en este ámbito durante las últimas dos décadas. Este proceso prosigue en la actualidad con el desarrollo incesante de nuevas técnicas. Por ejemplo, para ampliar el reducido campo visual que se consigue, que es una de las limitaciones más significativas de los sistemas actuales.

Hoy día los sistemas de óptica adaptativa son una realidad consolidada, pero también se encuentran en un proceso de evolución permanente. Una gran parte de los telescopios de los observatorios más importantes del mundo están dotados de sistemas de este tipo, y la óptica adaptativa se está aplicando también en otros ámbitos distintos a la observación astronómica, tales como la oftalmología, especialmente en la obtención de imágenes de la retina, o en sistemas de comunicaciones ópticas atmosféricas para la transmisión de gran capacidad.

Gracias a esta tecnología, la resolución de los telescopios se ha podido acercar a su límite de difracción (resolución teórica) desde observatorios terrestres. Ello implica multiplicar casi por 100 el poder separador de los grandes telescopios. Debe tenerse en cuenta, además, que la mejora en resolución implica de forma implícita una ganancia en contraste, al concentrarse la luz captada con mayor precisión. De ello se han beneficiado también muy notablemente la espectroscopía y la astrometría. Todo ello ha permitido obtener resultados realmente impresionantes y de gran valor científico. Por ejemplo, la detección directa de exoplanetas, es decir, planetas que orbitan en torno a otras estrellas distintas al Sol, o la investigación sobre objetos extragalácticos lejanos, de luminosidad extremadamente débil.

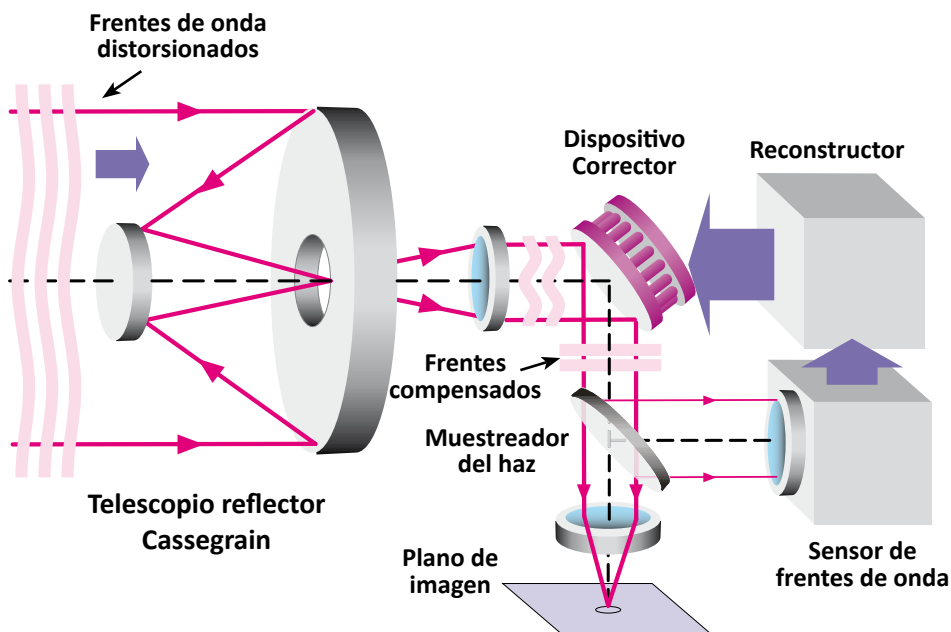
Finalmente, la incorporación de la óptica adaptativa a los telescopios ha hecho posible el desarrollo de la interferometría de larga base en las bandas ópticas, técnica reservada hasta hace pocos años a frecuencias de radio. Con estos sistemas, en los que dos o más telescopios trabajan en sincronía, haciendo interferir en un foco

La óptica adaptativa se utiliza en telescopios y también en áreas como la oftalmología y los sistemas de comunicaciones de gran capacidad de transmisión

común los haces de luz procedentes de cada uno de ellos, se están consiguiendo resoluciones de tan sólo algunos milisegundos de arco. La consecución de estos valores representa realmente un avance extraordinario, ya que corresponderían a aperturas con un diámetro similar a las distancias entre los telescopios acoplados, del orden de los 100 metros.

Los mecanismos de óptica adaptativa siguen evolucionando intensamente hacia la ampliación de sus prestaciones. Quedan todavía importantes retos tecnológicos por superar, pero no cabe duda de que estos sistemas han supuesto una enorme mejora en las técnicas de observación astronómica, sin precedentes desde la propia aparición del telescopio, y están impulsando, por consiguiente, un espectacular avance en nuestro conocimiento del Universo. ●

Diagrama de un telescopio dotado de un sistema de óptica adaptativa



Exploradores del universo a control remoto

Son los primeros en pisar el suelo de Marte y serán los primeros en llegar al resto de planetas. No se fatigan, no sienten ni padecen, pero a día de hoy siguen necesitando de la inteligencia y el control humanos para recabar información sobre la composición de nuestros planetas vecinos.

Imagen: NASA

>> **Víctor Muñoz Martínez** / Catedrático de Ingenierías de Sistemas y Automática

Año esa época en que el lanzamiento de una sonda espacial o su llegada a un planeta constituían un acontecimiento a nivel mundial. Todavía recuerdo las palabras de Jesús Hermda guardando la esperanza de encontrar vida en Marte, cuando la *Viking II* tenía previsto aterrizar en unas coordenadas marcianas similares a las que ocupa Nueva York en nuestro planeta. Por lo visto la *Viking I* lo hizo, pero en unas latitudes que correspondían en la Tierra al desierto del Sahara. Hoy en día, casi nadie sabe que las sondas Spirit y Opportunity han llevado a cabo una misión en el Planeta

Rojo de casi cinco años cuando su tiempo previsto de vida era de tres meses. En todo caso, estos ingenios despiertan una gran fascinación ¿Cómo demonios son capaces de guiarse por el espacio o por un planeta? ¿Qué inteligencia llevan a bordo para tomar decisiones?

Desde una perspectiva cultural, cuando pensamos en un artefacto espacial robótico, nuestros pensamientos se fijan de forma inexorable en los vehículos de exploración planetaria. Parecen que son más “inteligentes” que las bobas sondas de exploración del espacio exterior. Sin

Mantienen la comunicación, testan la integridad de los componentes, siguen la ruta planeada y realizan lecturas de sus sensores

embargo, desde el punto de vista de la robótica, ambas clases de ingenios poseen un bajo nivel intelectual. Se puede decir que todos ellos poseen un nivel de inteligencia vegetativo que se limita a mantenerse “vivo”. Las decisiones más trascendentales se les deja a los operadores del planeta Tierra.



Sonda espacial *Viking I*, lanzada en agosto de 1975, una de las dos sondas espaciales de exploración de Marte pertenecientes al programa *Viking* de la NASA. / NASA

En efecto, si por robot se entiende un artefacto mecánico que parece que realiza acciones de forma intencionada, ese no es el caso de los vehículos espaciales. La mayor parte de sus funciones se agrupan en mantener las comunicaciones, comprobar la integridad de todos sus componentes, seguir la ruta planeada y realizar lecturas de sus sensores. En este sentido, su capacidad de toma de decisiones ante situaciones inesperadas que se salen de su plan, resulta prácticamente nula. Nada más hay que recordar a la *Mars Climate*, que se estrelló en Marte debido a un error en las unidades de medida, que la sonda fue incapaz de detectar mediante el uso de sus propios sensores. Asimismo, la programación de los movimientos de los vehículos como el *Pathfinder*, o los antes nombrados *Spirit* y *Oportunity*, se realiza desde el control de Tierra y se les especifica exactamente el objetivo que tienen que alcanzar. Si se comete un error, por



ejemplo, a la hora de sortear una roca, el vehículo chocará de forma inexorable contra el obstáculo.

Sin embargo, estas cuestiones no deben desmerecer la complejidad inherente de conseguir que la sonda o el vehículo sigan de forma efectiva la ruta que se le ha marcado en pos de alcanzar un planeta o un determinado punto en su superficie. En ambos casos resulta necesario conocer la posición actual del ingenio y calcular la desviación estimada sobre la trayectoria teórica que se ha marcado desde la Tierra.

Pongamos que usted, estimado lector, desea ir desde su domicilio al centro de la ciudad a pié. Antes de salir de casa usted se marca la ruta que mentalmente va a seguir, pensando que quiere seguir el camino más corto o pasar por un lugar que le apetece. Con esa imagen mental se pone en marcha y se cuida de seguir el rumbo pre-

fijado mediante el uso de referencias externas. Sabe que tiene que tomar la segunda calle a la derecha o avanzar hasta encontrar la farmacia de la esquina. En cada momento sabe dónde se encuentra, gracias a que reconoce el paisaje urbano y por ello puede ir progresando hacia su meta. Si usted fuese una sonda espacial, llegaría al destino sólo si su mapa mental de la zona de la ciudad por la que va a transcurrir su



Científicos de la NASA preparan el rover MER-2 para su misión a Marte en Primavera de 2003. En el centro, vista panorámica del Spirit aterrizando en Marte. / Fotos: NASA



El vehículo de exploración espacial de la NASA *Spirit* inspeccionando la superficie de Marte en septiembre de 2005. / NASA

paseo corresponde fielmente a la realidad, cualquier obra, obstáculo o peatón que se cruce en su camino, al no detectarlo, le podrán impedir seguir con el paseo. Afortunadamente, en el espacio o en un planeta desierto todo está más controlado, con lo cual las eventualidades nombradas en el párrafo anterior resultan improbables. Así, el sistema de navegación de la nave, con la programación previa y sin tener en cuenta lo que le puede pasar por el camino, tiene muchas posibilidades de terminar la misión con éxito.

En el caso de una sonda, como en el espacio exterior resulta complicado emplear referencias externas, conocer su localización en el espacio relativa a la Tierra es todo un problema. Por consiguiente, retomando el caso del paseo urbano, si no sé donde estoy, difícilmente voy a poder llegar a mi destino. Para resolver esta eventualidad, en primer lugar, se emplea un sistema controlado por computador que mantiene la antena principal de la nave apuntando a la Tierra mediante el uso de sensores especializados




en la detección del Sol. Al mismo tiempo, mediante con un seguidor de estrellas, se mantiene una orientación relativa a Alfa Carinae (Canopo), elegida por ser una de las estrellas más brillantes observadas desde la Tierra.

De esta manera, y con la ayuda de un sistema de giróscopos, se controla los tres posibles ángulos de giro que puede realizar la nave. Estos tres ángulos son importantes, ya que definen la dirección de avance, que junto con el tiempo que tarda la señal en llegar de la tierra a la sonda, permite conocer en cada momento la localización estimada del artefacto. Esto es similar a realizar su paseo con una brújula y cada vez que cambie de dirección anote su orientación con respecto al norte y cuántos pasos ha dado desde la anterior anotación. De este modo, resulta posible reconstruir la ruta que ha seguido. Por el contrario, la estimación de la posición de un vehículo de exploración planetaria resulta conceptualmente más fácil. Se basa en emular un sistema GPS mediante el uso de la nave utilizada en el aterrizaje y el orbitador. En

La robótica de exploración está apostando por el uso de rovers más inteligentes para caracterizar el terreno y levantar asentamientos

este caso, la ruta que debe seguir el vehículo se planifica a partir de la posición estimada y el objetivo al que se quiere llegar, obtenido a través de las imágenes emitidas a la Tierra.

En la actualidad, las miras del uso de la robótica en el espacio, en lo que respecta a la exploración planetaria, apuestan por el uso de *rovers* (vehículos de superficie) dotados de “mas inteligencia” que ayuden a caracterizar un terreno y que sean la vía para comenzar futuros asentamientos. En este sentido, se tiende hacia el diseño de obreros robóticos para el cartografiado del terreno y el levantamiento de edificaciones. Además de este objetivo a largo plazo, los desarrollos inmediatos se centran en robots de mantenimiento de actividades extravehiculares o naves robotizadas de suministro. En todo caso, en el futuro, dada la fragilidad del ser humano para viajes espaciales, parece que la única alternativa viable para visitar otros planetas descansa y descansará, de momento, en el desarrollo de la robótica. ●



"Leo los periódicos
y me gusta hacerlo en papel.
Adoro sentir esa sensación de tacto."

BARACK OBAMA

Probablemente la persona más influyente
hoy en el mundo.

25%
de descuento

sobre precio de
cabecera

SUR

¿Cuántos colegios de Málaga adoptarían
clases al horario laboral de los padres?

SUSCRIPCIÓN

Suscríbase a **SUR**, la forma más fácil y cómoda de estar informado a diario. Aprovechese de esta impresionante oferta y **ahórrase un trimestre** con el 25% de descuento sobre el precio de cabecera que le ofrecemos.

En su domicilio a primera hora de la mañana, todos los contenidos de **SUR**.

Más información: 901 101 109

VII Encuentros con la Ciencia

La séptima edición de esta iniciativa aborda la teoría de la evolución y su implicación en el mundo actual a través de un recorrido por la vida y la obra de Charles Darwin.

>> Enrique Viguera Mínguez, Ana Grande Pérez y José Lozano Castro

A cercar la ciencia al ciudadano... este es el objetivo principal de 'Encuentros con la Ciencia', un espacio para la presentación y el diálogo sobre los más recientes y señalados descubrimientos científicos. En las sociedades modernas, el progreso del conocimiento en disciplinas claves como la biología, la medicina, las matemáticas, la química o la física y la aparición de nuevas y potentes tecnologías están, sin duda, cambiando nuestra concepción del mundo y nuestro estilo de vida. Esta actividad científica es fundamental para el progreso de la sociedad. Sin embargo, y a pesar de este impacto, con frecuencia se percibe en el público no especializado un desconocimiento de los fundamentos y de las implicaciones reales de tales avances. Así, resulta evidente la necesidad de dar a conocer la ciencia actual a los ciudadanos y, al mismo tiempo, fomentar su interacción con los científicos.

Por este motivo desde el año 2004 un grupo de profesores de la Universidad de Málaga (UMA) organiza, en colaboración con Ámbito Cultural de El Corte Inglés, el ciclo de conferencias y exposiciones científicas 'Encuentros con la Ciencia' con el objetivo principal de fomentar la cultura científica y presentar, de mano de sus protagonistas, los avances científicos actuales. La labor investigadora de los propios científicos españoles y, a nivel local, de los investigadores de la UMA no es suficientemente conocida por el público. Teniendo en cuenta estas consideraciones, 'Encuentros con la Ciencia' pretende cumplir dos objetivos específicos: divulgar la ciencia que se está desarrollando actualmente en los laboratorios y centros de investigación, españoles en general y malagueños en particular, e implicar a la propia comunidad científica en esa difusión del conocimiento.

+Info: www.encuentrosconlaciencia.es
Ámbito Cultural de El Corte Inglés

>> RESUMEN PROGRAMA 2009

> **Consanguinidad y Genética en la extinción de los Austrias.**

El doctor Gonzalo Álvarez Jurado, experto en genética de poblaciones y evolución, disertó sobre cómo la aplicación del análisis genético ha permitido revelar que la consanguinidad fue la causa principal en la extinción de la dinastía Habsburgo en España.

> **¿Qué nos cuentan los fósiles? Un viaje a través del tiempo.**

Un viaje a través del tiempo mediante el estudio del registro fósil de la mano de la doctora Ana Rodrigo Sanz. Un recorrido que comenzó hace unos 3.800 millones de años con la aparición de la vida en la Tierra. Además, la conferencia estuvo acompañada de la exposición "Tesoros en las Rocas" -abierta hasta el 11 de enero-, una muestra de la riqueza y la variedad paleontológica de los fondos del Museo Geominero.

> **¿Charles Darwin fue realmente darwinista?**

En los cinco años que duró la expedición de Darwin en el Beagle, este reunió una gran cantidad de datos sobre fauna, flora y fenómenos geológicos que a la postre le permitirían elaborar su trabajo teórico sobre el origen de las especies. El profesor Ignacio Núñez de Castro profundizó en la figura de Darwin desde diferentes perspectivas revelando aspectos desconocidos para muchos.

> **Un viaje por los Océanos para comprender el cambio climático.**

La investigadora María Segovia Azcorra, experta en ecología de microalgas, emuló el famoso viaje en el Beagle que realizó Darwin desde la perspectiva de la influencia humana en el cambio climático y su influencia en la extinción de un elevado número de especies.

> **Resplandores del cielo: búsqueda y captura de bólidos.**

Con motivo del Año de la Astronomía 2009, la presidenta de la Sociedad Malagueña de Astronomía, Blanca Throughton, centró su exposición en la historia y la evolución de nuestro sistema planetario mediante el estudio de los meteoritos, piezas clave para entender el origen del sistema solar.

> **Avances en el desarrollo de una vacuna contra el VIH/SIDA.**

La clausura de la séptima edición correrá a cargo del investigador Mariano Esteban Rodríguez el próximo 14 de diciembre. Un tema candente: el desarrollo de vacunas frente a grandes enfermedades del siglo XXI para las que aún no hay métodos eficaces, como el sida, la malaria, la tuberculosis o el propio cáncer.

Sociedad Malagueña de Astronomía

Esta agrupación trabaja desde hace 34 años en acercar la ciencia del universo a la ciudadanía con numerosas iniciativas y actividades que tienen por objetivo descifrar el cielo.

>> **Javier Sánchez Relinque** / *Uciencia*

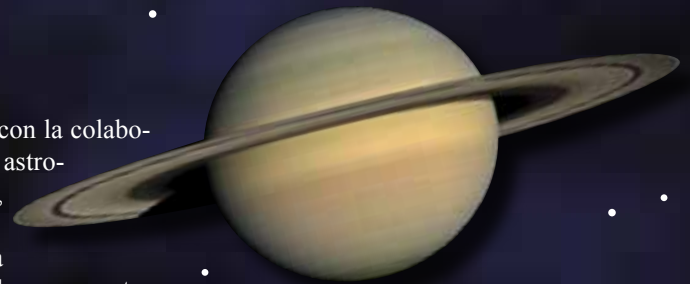
En la capital de la Costa del Sol existe un lugar donde los aficionados al universo se dan cita desde 1975 para compartir sus experiencias a través de actividades e iniciativas que tienen como objetivo el estudio del espacio. Cuando sólo existían en España cuatro agrupaciones astronómicas -ahora más de 180-, un anuncio en el periódico para buscar aficionados de la ciencia del universo bastó para crear la Sociedad Malagueña de Astronomía (SMA).

Con más de 200 miembros, la SMA está integrada por diferentes grupos de trabajo e investigación que preparan y llevan a cabo su extenso programa de actividades. Actualmente, es miembro colaborador de la Red de Investigación sobre Bóridos y Meteoritos de España (SPMN), a la que envían periódicamente registros e imágenes de las observaciones para su posterior estudio.

En 2009, con motivo del Año Internacional de la Astronomía, la Sociedad ha coordinado dos proyectos nacionales. En

uno de ellos se ha contado con la colaboración de 70 agrupaciones astronómicas de todo el país que, bajo el nombre de 'Fiestas de Estrellas', han reunido a miles de seguidores en las playas y montañas españolas para, entre otros objetivos, observar la lluvia de estrellas Perseidas del pasado Agosto. Otra de estas iniciativas es IACO (Investigación y Acción sobre Cielo Oscuro) por la que desde 2006 profesores y alumnos miden la calidad del cielo que a la postre ha supuesto el diseño del primer Mapa de Contaminación Lumínica de Málaga.

En el empeño por divulgar la astronomía, la SMA tiene como propósito que la ciencia sea de todos y para todos. Como explica su presidenta, Blanca Troughton, "no es necesario ser un experto en la materia para participar en la SMA, sólo se requiere el gusto por mirar al cielo y la curiosidad por conocer qué sucede en él". De hecho, para los recién llegados se imparte clases de divulgación y formación sobre conceptos básicos, que luego



podrán aplicar en sus primeras observaciones con un planisferio y unos simples prismáticos.

>> **Come con el Sol**

Las actuaciones de la SMA se distribuyen en 18 grupos especializados. Eclipses, astrobiología, astrosenderismo o historia son algunas de las áreas que se investigan en la Sociedad. A partir de ella se organizan una serie de actividades para comunicar, formar e integrar al resto de miembros de otros grupos. Se trata de hacer la ciencia atractiva y cercana, y ejemplo de ello son las jornadas "Come con el Sol", en las que grupo de Energía Solar reúne al resto de socios para degustar platos elaborados en una cocina solar alimentada exclusivamente por paneles fotovoltaicos.

+Info: www.astromalaga.es
C/República Argentina, 9. Urb. El Limonar

>> **Otras agrupaciones**

- > **Agrupación Astronómica "Sirio"**
+Info: www.astrosirio.org
- > **Astro Ronda**
+Info: www.ronda.ws/astroronda
- > **Agrupación Astronómica "Tamix"**
+Info: www.aatamix.blogspot.com
- > **Agr. Astronómica "a3" (Antequera)**
+Info: junamoro@agp.servicom.es
- > **Asociación Astronómica de Nerja**
+Info: 952 52 12 12





>> El guardián del tiempo Real Instituto y Observatorio de la Armada <<



>> Teresa Cruz Sánchez / Red de Espacios de Divulgación Científica y Técnica de Andalucía

El Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando es el observatorio astronómico más antiguo de España y uno de los más antiguos del mundo.

Desde hace más de dos siglos y medio, su labor científica se ha centrado prioritariamente en cuatro campos de trabajo: estudios sobre astronomía y geofísica, establecer con precisión y exactitud la hora oficial de España y elaborar, en el campo de las efemérides astronómicas, el Almanaque Náutico español (4º del mundo en antigüedad), tablas utilizadas por los navegantes en alta mar para obtener su posición. Paralelamente a su actividad inves-

tigadora, el Observatorio desempeña una intensa actividad divulgadora y es socio fundador de la Red de Espacios de Divulgación Científica y Técnica de Andalucía.

Visitar el Observatorio de la Armada es hacer un viaje en el tiempo. Sus orígenes se remontan al Siglo XVIII, en 1753 nació el “Real Observatorio de Cádiz”, como una dependencia anexa a la Academia de Guardias Marinas. En 1798, el Observatorio fue trasladado a la Isla de León, actual ciudad de San Fernando, ocupando desde entonces y hasta hoy un magnífico edificio de estilo neoclásico construido según los planos del Marqués de Ureña. En 1804 deja de depender

orgánicamente de la Academia de Guardias Marinas y comienza su andadura científica como Real Observatorio de la Isla de León, pasando a denominarse “Real Observatorio de San Fernando” en 1814.

El Observatorio se ubica en un paraje conocido como Pago de Torrealta, sobre un pequeño montículo con unas vistas sorprendentes a la Bahía de Cádiz. Su posición geográfica es de 36° 27' 42" de latitud Norte y 6° 12' 20" de longitud Oeste, en pleno Golfo de Cádiz. Para quienes no utilicen barco en sus desplazamientos lo pueden encontrar en la calle Cecilio Pujazón de San Fernando (Cádiz).



En la página de la izquierda, fachada del edificio principal del Real Instituto y Observatorio de la Armada. Arriba, imágenes del exterior del Domo del Astrógrafo y del Telescopio Láser. Abajo, vista del salón de observaciones meridianas.

>> La visita por el Observatorio

El Observatorio de la Armada permite al visitante conocer el interesante patrimonio que ha ido adquiriendo y manteniendo a lo largo de sus intensos 255 años de vida. Después de visualizar un documental sobre su historia y actividad científica, el Observatorio abre las puertas a los diferentes departamentos donde trabajan sus científicos, una verdadera inmersión en el mundo de la ciencia:

> **Sección de Astronomía:** tiene a su cargo, entre otras funciones, la determinación de la posición y el movimiento de los astros. Mediante las observaciones realizadas con el Círculo de Tránsitos Automático del Instituto de Astrofísica de Canarias, ubicado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (isla de La Palma) y con el Círculo Meridiano Automático de San Fernando, gemelo al anterior e instalado en la Estación de Altura Carlos Ulrico Cesco (República Argentina), realiza catálogos estelares de gran extensión y precisión.

> **Sección de Efemérides:** es la más antigua de las cuatro que componen la estructura básica del Observatorio. Su función desde 1794 es la de publicar las efemérides necesarias en navegación, astronomía y geodesia, tarea que viene realizando sin interrupción desde hace más de doscientos años.

> **Sección de Hora:** se encarga de la conservación, con el máximo rigor, de las escalas de tiempo en uso y la difusión de las

mismas en la forma más conveniente para las distintas necesidades científicas, de la navegación y de la industria estatal. Aquí es dónde se mantiene la escala de Tiempo Universal Coordinado propia, que es la que rige oficialmente la Hora en el Estado Español.



> **Sección de Geofísica:** se ha encargado desde 1891 del estudio de la sismología, geomagnetismo y geodesia. Dispone de una gran cantidad de instrumentación y de una red de sismógrafos de banda ancha de última generación (Red Western Medite-

rranean), instalada alrededor del Mar de Alborán (Ceuta, Melilla, Peñón de Vélez, San Fernando, Cartagena y Mahón), orientada al estudio de los sismos próximos y a la sismicidad global. En 2004 la Estación Geomagnética se trasladó al Cortijo de Garrapilos (Barca de la Florida) con el fin de evitar las interferencias ambientales y poco tiempo después, en 2006, dicha estación se incorporó a la Red Mundial de Observatorios Geomagnéticos (INTERMAGNET). También es responsabilidad de esta sección la observación de satélites artificiales desde 1958.

Después del recorrido por las secciones, los visitantes pueden disfrutar de la **zona histórica**, que alberga un interesante material:

> **Colección de instrumentos antiguos.** Colección de 485 instrumentos de astronomía tiempo y geofísica, que han ido pasando a formar parte del patrimonio del Observatorio a lo largo de los últimos 255 años. Esta colección, única en España, está compuesta fundamentalmente por ejemplares fabricados en los siglos XVIII y XIX que se exponen por todo el edificio principal.

> **Biblioteca.** Su fondo bibliográfico está compuesto por más de 30.000 volúmenes distribuidos en nueve salas. Destacan cuatro incunables, es decir, cuatro obras publicadas a finales del siglo XV, entre la fecha de la invención de la imprenta y el año de 1500.



La biblioteca está situada en la planta alta del edificio y en ella se pueden encontrar libros de Copérnico, Apiano y Albusasar, entre otros.

> **Archivo Histórico.** Se custodia la documentación administrativa y científica generada por el Observatorio desde su creación en la segunda mitad del siglo XVIII hasta los últimos años del siglo XX. Al Archivo pertenecen la colección de fotografías antiguas y la colección de placas de vidrio realizadas entre 1889 y 1928 dentro del proyecto internacional de la Carta Fotográfica del Cielo.

Después del recorrido por las diferentes secciones, los visitantes pueden disfrutar de los exteriores del Observatorio, dónde se encuentra una de las pocas poblaciones de camaleón del área.

Esta es una cita ineludible para quienes sientan curiosidad por la astronomía, por la tecnología, por la historia o por la navegación, y especialmente para quienes deseen conocer de primera mano cómo funciona un centro de investigación en el siglo XXI. ●



>> ¿Quieres visitar el Real Observatorio de la Armada?

Nuestra recomendación para visitar el Observatorio es contactar directamente por correo electrónico a:

turismo@aytosanfernando.org

La visita, que dura 2 horas aproximadamente, se hace siempre de lunes a viernes, en grupos, y es imprescindible tener reserva previa confirmada.

Más información:
www.cienciadirecta.com



>> Isabel Ortega Rodríguez
Uciencia

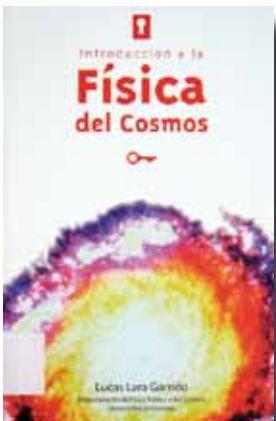


>> El universo elegante

Brian Greene
Crítica, 2009
478 p. ; 24 cm.

Brian Greene escribe esta obra dirigida, en especial, a aquellos lectores que carecen de conocimientos especializados en física y matemáticas y tienen interés en comprender lo que la investigación actual dice con respecto a las leyes fundamentales del universo.

El tema de este libro es la teoría de las supercuerdas que resuelve el conflicto entre la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad, una teoría que Einstein buscó durante los últimos años de su vida y que es capaz de describir las fuerzas del cosmos en un sistema “completo y sin costuras”.



>> Introducción a la Física del Cosmos

Lucas Lara Garrido
Universidad de Granada, 2007
461 p. ; 22 cm.

Este libro de Lucas Lara (1965-2006) dirigido a un público con formación básica en física y matemáticas, fundamentalmente alumnos de primero de carreras de ciencias o técnicas, quiere dar una visión global de la astrofísica como ciencia en pleno desarrollo.

Hace un recorrido histórico desde el Antiguo Egipto, la Edad Media, Copérnico, Galileo, Newton... hasta llegar a lo que hoy en día observamos, interpretamos y sabemos de la estructura y la evolución de las estrellas, las galaxias o el universo.



>> Cuestiones curiosas de ciencia

Con un formato muy ameno de preguntas y respuestas breves, este libro responde a cuestiones de todas las disciplinas científicas: astronomía, biología, la evolución humana, química, ciencias de la tierra, matemáticas y física al alcance y la comprensión de todos los públicos.

Distintos expertos en cada materia responden a un lector curioso que con las respuestas no sólo aprende, sino que también se entretiene.

Science American
Alianza Editorial, 2006
270 p. ; 18 cm.



>> Las mentiras de la ciencia

Ser científico es sinónimo de honradez y respetabilidad, y es así en la abrumadora mayoría de los casos. Por esta razón, esta obra resulta atractiva, ¿cuál es la motivación que impulsa a un científico a engañar? Salvar obstáculos en la investigación, simplificar el trabajo, obtener más financiación, prestigio...

Un libro muy documentado que explica distintos engaños de investigadores relevantes desde Ptolomeo hasta nuestro siglo.

Federico di Trocchio
Alianza Editorial, 2005
469 p. ; 18 cm.



>> Antes del principio

Martin Rees, amigo y compañero de Stephen Hawking, plantea en este libro distintas teorías sobre el origen del universo, ¿cómo se formó?, ¿qué pasó en ese decisivo primer milisegundo?, ¿es posible la coexistencia de multitud de universos?, ¿nuestro universo está infinitamente en expansión o, por el contrario, llegará a colapsarse?

Una profunda reflexión sobre lo que conocemos en la actualidad y que se acompaña de “humildad frente a los grandes misterios” de nuestro universo.

Martin Rees
Tusquets, 2001
308 p. ; 23 cm.

>> **Caos y ciencia**



Caos y ciencia es la página de divulgación de la astronomía del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). La originalidad de esta web reside en la mezcla de las ciencias clásicas con la astronomía y su difusión a través de medios innovadores para el público en general y los niños y los jóvenes en particular. Vídeos, animaciones, cuentos... y una sección de novedades ayudan a que la ciencia del espacio sea comprendida por todos.

+ info: www.caosyciencia.com <<

>> **Año Astronomía**



En el año 1609 Galileo Galilei miró al cielo a través de un telescopio por primera vez en la historia de la humanidad. Para celebrar este cuarto centenario, la UNESCO y la ONU declararon el año 2009 como Año Internacional de la Astronomía. A través de la página web tenemos acceso a la información sobre todas las actividades que se van a realizar en todo el mundo y a distintos niveles: internacional, nacional, regional y local.

+ info: www.astronomia2009.es <<

>> **NASA**



La National Aeronautics and Space Administration (NASA) es la agencia gubernamental responsable de los programas espaciales en Estados Unidos. Además de una versión en español, a través de este sitio tenemos información sobre las actividades de la agencia en el espacio y sus aplicaciones, como por ejemplo, la evolución de la temporada de huracanes y tormentas tropicales. También, ofrece un canal TV que emite 24 horas en directo y un canal de radio.

+ info: www.nasa.org <<

>> **ESA**



El portal de la Agencia Espacial Europea (ESA) proporciona información sobre la investigación y el trabajo que Europa realiza en el espacio. Nos permite conocer los proyectos más destacados en los que trabaja la agencia, y además, en concreto en la página española conocemos cuál es la participación de nuestro país en los distintos proyectos de la ESA, por ejemplo el lanzamiento del telescopio Herschel. Destaca la sección dirigida al público más joven ESA Kids.

+ info: www.esa.int <<

>> **Sociedad Malagueña de Astronomía**



La página web de esta asociación que nace en 1975 del interés de un grupo de malagueños por la divulgación de la astronomía. En ella podemos consultar su historia, actividades y proyectos. Entre ellos, la Sociedad Malagueña de Astronomía como entidad colaboradora del AIA 2009, pone a disposición información exhaustiva de todos los eventos que a lo largo del año se realizan en nuestra ciudad, como la Fiesta de Estrellas.

+ info: www.astromalaga.es <<

>> **Instituto Andaluz de Astrofísica (IAA)**



Página del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), organismo dependiente del CSIC y creado en 1975. Desde esta web tenemos información sobre las actividades astrofísicas que se realizan en nuestra comunidad. Enlaza, entre otros, con el Observatorio de Calar Alto, que ha participado con la ESA en el lanzamiento del telescopio espacial Herschel. Actividades divulgativas, cursos y ofertas de empleo en el IAA completan la información.

+ info: www.iaa.es <<



investigación



desarrollo



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
952 13 10 47 vrinvestigacion@uma.es

VICERRECTORADO DE RELACIONES
UNIVERSIDAD-EMPRESA
952 13 20 90 vruni-empresa@uma.es

OTRI, OFICINA DE TRANSFERENCIA DE LOS
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN
952 13 25 40 dirotri@uma.es

VICERRECTORADO DE INNOVACIÓN Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO
952 13 43 50 vridt@uma.es



CONTRATOS Y PATENTES



universidad-empresa

Portal de Comunicación Científica

Uciencia



www.uciencia.uma.es

Ciencia en un clic

- > **Ureco**
Bases de datos de fuentes de investigación en línea
- > **Ugallery**
Banco de imágenes para la divulgación científica
- > **Utv**
Plataforma audiovisual de contenido científico
- > **Ublogs**
Red de blogs de los investigadores de la Universidad de Málaga

