

I A A

INFORMACIÓN Y ACTUALIDAD ASTRONÓMICA

revista.iaa.es

JULIO DE 2018, NÚMERO 55

España, miembro de SKA

Camino a Mercurio: misión BepiColombo

El principio antrópico

Proyecto UPWARDS

El IAA,
centro de excelencia
Severo Ochoa

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

<http://www.iaa.es>

Directora: Silbia López de Lacalle. Comité de redacción: Antxon Alberdi, Carlos Barceló, René Duffard, Emilio J. García, Pedro J. Gutiérrez, Susana Martín-Ruiz, Enrique Pérez-Montero, Pablo Santos y Montserrat Villar. Edición, diseño y maquetación: Silbia López de Lacalle.

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

Instituto de Astrofísica de Andalucía
Glorieta de la Astronomía sn , 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

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

La página web de esta revista ha sido financiada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA). <http://revista.iaa.es>

SUMARIO

REPORTAJES

El IAA, Centro de Excelencia Severo Ochoa...3

España, miembro de SKA...4

UPWARDS, tres años desentrañando los secretos del planeta rojo ...5

2018, lanzamiento de la misión BepiColombo ... 6

El principio antrópico ... 8

EL "MOBY DICK" DE... Rainer Schödel (IAA) ...10

CIENCIA EN HISTORIAS...John Money o de la legalización de la tortura infantil ... 11

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. Robótica avanzada para grandes cartografiados de galaxias ...12

ACTUALIDAD ...14

SALA LIMPIA ...23

SKA Low Frequency Aperture Array

Concepción artística del instrumento SKA LFAA (*Low Frequency Aperture Array*), que se ubicará en Australia. Cientos de miles de estas antenas dipolo explorarán el cielo en bajas frecuencias.



El IAA, Centro de Excelencia Severo Ochoa

EL PROGRAMA FINANCIA Y ACREDITA A LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN QUE DEMUESTRAN IMPACTO Y LIDERAZGO A NIVEL INTERNACIONAL

EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA-CSIC) HA OBTENIDO EL DISTINTIVO DE CENTRO DE EXCELENCIA SEVERO OCHOA, una acreditación que reconoce a los centros que realizan y ejecutan investigación básica de frontera y se encuentran entre los mejores del mundo en su área de trabajo. Destacan por su alta competitividad, sus ambiciosos planes estratégicos, una producción de máxima calidad y gran capacidad para atraer talento. Dotado con un presupuesto de un millón de euros anual durante cuatro años, el distintivo forma parte del Subprograma de Fortalecimiento Institucional del Plan Estatal de Investigación Científica Técnica y de Innovación.

“Nuestra misión es profundizar en el conocimiento del cosmos haciendo investigación en astrofísica y ciencia espacial de vanguardia, fomentando el desarrollo tecnológico y disseminando nuestra investigación entre la comunidad científica y el público en general. Estamos muy felices por el distintivo, porque reconoce que estos objetivos se están cumpliendo”, afirma Antxon Alberdi, director del IAA.

Una sólida trayectoria de más de cuatro décadas

Por su producción científica, el IAA es el primer centro del CSIC y el segundo en España en el área de astrofísica y ciencias del espacio. “Pocos son los centros que cubren tantos campos de las ciencias del espacio, y que además trabajen con observaciones multirango tanto desde Tierra como desde el espacio y que participen en desarrollos tecnológicos al más alto nivel - apunta Antxon Alberdi-. Esta amplitud de

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAA-CSIC)
CENTRO DE EXCELENCIA SEVERO OCHOA

Centro de referencia internacional acreditado como Severo Ochoa en 2018, la investigación del IAA cubre las principales áreas de la astrofísica, apoyándose en los tres pilares fundamentales de la ciencia moderna: la observación de fenómenos astrofísicos con los medios más sofisticados, el desarrollo de nueva instrumentación y el estudio teórico y desarrollo de simulaciones.

Pocos centros cubren tantos campos de las ciencias del espacio, trabajando con observaciones multirango desde Tierra y desde el espacio, y participando además en desarrollos tecnológicos al más alto nivel. Esta amplitud de conocimientos y técnicas, y la interconexión entre ellos, permite que el IAA lidere grandes proyectos internacionales.

DEPARTAMENTOS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



conocimientos y técnicas, y la interconexión entre ellos, nos permite liderar grandes proyectos internacionales de investigación del cosmos”.

Las líneas de investigación del IAA abarcan todas y cada una de las principales áreas de la astrofísica moderna. El centro gestiona el Observatorio de Sierra Nevada (Granada) y co-gestiona científicamente el Observatorio de Calar Alto (Almería).

El IAA lidera desarrollos tecnológicos para el espacio, entre ellos instrumentos para las misiones *Solar Orbiter* (ESA), *Mars Express* (ESA) o *BepiColombo* (ESA), que estudiarán respectivamente el Sol, Marte y Mercurio. El centro destacó por su exitosa participación en la misión *Rosetta*, y trabaja en desafiantes proyectos de futuro, como la misión JUICE, que explorará Júpiter y sus lunas mayores, o PLATO, que caracterizará planetas similares al nuestro en torno a otras estrellas.

Asimismo, el IAA ha desarrollado instrumentación de vanguardia para telescopios terrestres, entre ellos el de Calar Alto (instrumentos CARMENES y PANIC) o el del Roque de los Muchachos (instrumento

MEGARA para el Gran Telescopio Canarias).

Además, el IAA está involucrado en el desarrollo de las infraestructuras internacionales de investigación más ambiciosas de la astrofísica mundial, que harán aportaciones únicas en las fronteras del saber. El IAA lidera la participación de España en el *Square Kilometre Array* (SKA), el radiotelescopio más grande del mundo; participa en el desarrollo del *European Solar Telescope* (EST) que será el mayor construido en Europa, así como en HIRES y MOSAIC, dos de los instrumentos del Telescopio Extremadamente Grande (ELT/ESO).

“Basado en una estrategia científica sólida y transversal, nuestro reto es transformar el IAA en uno de los institutos de astrofísica y ciencia espacial de referencia en Europa y desarrollar su investigación y estructura a un nivel tal que el IAA se ubique en una posición de privilegio para la explotación de la próxima generación de experimentos avanzados e innovadores”, afirma Isabel Márquez, directora científica del proyecto Severo Ochoa del IAA.

España, miembro de SKA

SKA ES UN PROYECTO PARA CONSTRUIR EL RADIOTELESCOPIO MÁS GRANDE DEL MUNDO. LA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA ESTÁ LIDERADA POR EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA-CSIC)



Por Lourdes Verdes-Montenegro (IAA-CSIC)
Coordinadora de la participación española en SKA

ESPAÑA SE HA CONVERTIDO EN EL UNDÉCIMO MIEMBRO DE LA ORGANIZACIÓN DEL SQUARE KILOMETRE ARRAY (SKA)¹, formada hasta ahora por Australia, Canadá, China, India, Italia, Nueva Zelanda, Países Bajos, Reino Unido, Sudáfrica y Suecia. El proyecto reúne a más de mil científicos e ingenieros de unos veinte países y 270 instituciones, con objeto de construir el que será el radiotelescopio más potente del mundo y que operará a longitudes de onda centimétricas y métricas.

El Observatorio del SKA estará constituido por dos telescopios consistentes en una concentración central de antenas en Sudáfrica y en el oeste de Australia, y grupos remotos de miles de antenas extendidas en distancias de hasta tres mil kilómetros distribuidas en dos continentes (África y Oceanía), y conectadas al procesador central de datos a través de una red de fibra óptica.

SKA tiene potencial para realizar contribuciones revolucionarias a la astrofísica, la astrobiología y la física fundamental. Sus temas de estudio engloban áreas como la formación de las primeras galaxias tras el Big Bang o la validación de la teoría de la Relatividad general hasta precisiones hasta ahora inalcanzables. Los casos científicos de SKA se encuentran descritos en detalle en el Libro de Ciencia de SKA publicado en 2015².

Este radiointerferómetro se desarrollará en dos fases. En la primera (SKA1) estará formado por dos tipos de antenas: en Australia se instalarán unas ciento treinta mil antenas tipo dipolo de baja frecuencia (SKA1-low, 50-350 MHz), con separaciones máximas de sesenta y cinco kilómetros. En Sudáfrica se instalarán aproximadamente unas doscientas antenas parabólicas (SKA1-mid, 350 MHz-14 GHz) de unos quince metros de diámetro, distribuidas en un área de unos ciento cincuenta kilómetros. La segunda fase, SKA2, combinará las señales de cientos de miles de antenas repartidas en zonas desérticas de África (unos dos mil quinientos platos) y Oceanía (unos quinientos mil dipolos). El diseño de SKA1 se halla en la actualidad en su última etapa, y entre finales de 2018 y principios de 2019 se llevará a cabo la revisión de los diseños desarrollados por los consorcios internacionales que trabajan en esta fase.

España viene participando en actividades relacionadas con SKA desde 1990. Como parte de sus actividades de coordinación de la participación española en el SKA, el IAA da soporte a grupos científicos, a la industria y al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, sirviendo como punto de interacción con los consorcios de diseño y la Oficina de SKA, difundiendo convocatorias de ayudas a proyectos de I+D+i y apoyando la incorporación de españoles a diversos comités de SKA. Asimismo, llevamos a cabo la difusión y organización de conferencias y congresos científicos. En dichas actividades colabora con el Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia, ambos como

parte de SKACON (*SKA Communication and Outreach Network*), la red internacional que se ocupa de las actividades de divulgación y difusión del proyecto.

Actualmente, veintiséis astrofísicos españoles de diez centros de investigación son miembros de nueve de los once grupos de trabajo de ciencia de SKA (*SKA Science Working Groups*), con participación activa asimismo en la preparación de los proyectos clave (*Key Science Projects*) a los que se les asignará, de forma competitiva, entre el 50% y el 75% del tiempo de los primeros cinco años de operaciones del telescopio. En 2015 se publicó el Libro Blanco Español del SKA³, fruto de un esfuerzo coordinado de ciento veinte investigadores españoles, con contribuciones que contemplan todas las áreas de interés del SKA.

En el ámbito tecnológico, un total de once centros de investigación y doce empresas españolas han participado en ocho de los consorcios internacionales de diseño de SKA⁴.

A nuestra comunidad le corresponde obtener el máximo retorno científico y tecnológico de nuestra participación en el proyecto. Como ha declarado el ministro de Ciencia, Innovación y Universidades, Pedro Duque, la adhesión de España a la organización SKA “es una inversión estratégica para nuestro país, ya que el Observatorio SKA será una de las infraestructuras internacionales de investigación más importantes en los próximos años”. En definitiva, ser miembro de SKA proporciona una gran oportunidad científica, tecnológica e industrial no exenta de desafíos, y España forma ya parte de este reto.

1. www.skatelescope.org

2. Advancing Astrophysics with the Square Kilometre Array (AASKA14). Giardini Naxos, Italy, June 9-13, 2014

3. <https://spain.skatelescope.org/ska-science/libro-blanco-ska/>

4. Dishes, Signal & Data Transport, Central Signal Processor, Science Data Processor, Telescope Manager, Infrastructure-SA, Infrastructure-AUS y Phased Array Feeds.

UPWARDS: tres años desentrañando los secretos del planeta rojo

FINANCIADO POR EL PROGRAMA H2020, UPWARDS HA REVISADO Y ACTUALIZADO LOS DATOS OBTENIDOS POR MARS EXPRESS Y OTRAS MISIONES MARCIANAS

Por Miguel Ángel López Valverde (IAA-CSIC)

EL PROYECTO UPWARDS SE COMPLETABA EN FEBRERO DE 2018, TRAS ANALIZAR CON ÉXITO UNA PLÉTORA DE DATOS DE MISIONES ANTERIORES, como *Mars Express*, para profundizar en el conocimiento del contenido del subsuelo marciano, las tormentas de polvo, el comportamiento de las nubes de hielo de agua y el posible intercambio de metano entre el interior del planeta y su atmósfera. También ha desarrollado nuevas técnicas para analizar los datos de *Exomars-Trace Gas Orbiter* (TGO), la más reciente misión europea a Marte, y para suministrar un marco de referencia para futuras misiones, como la siguiente fase *ExoMars Rover 2020*.

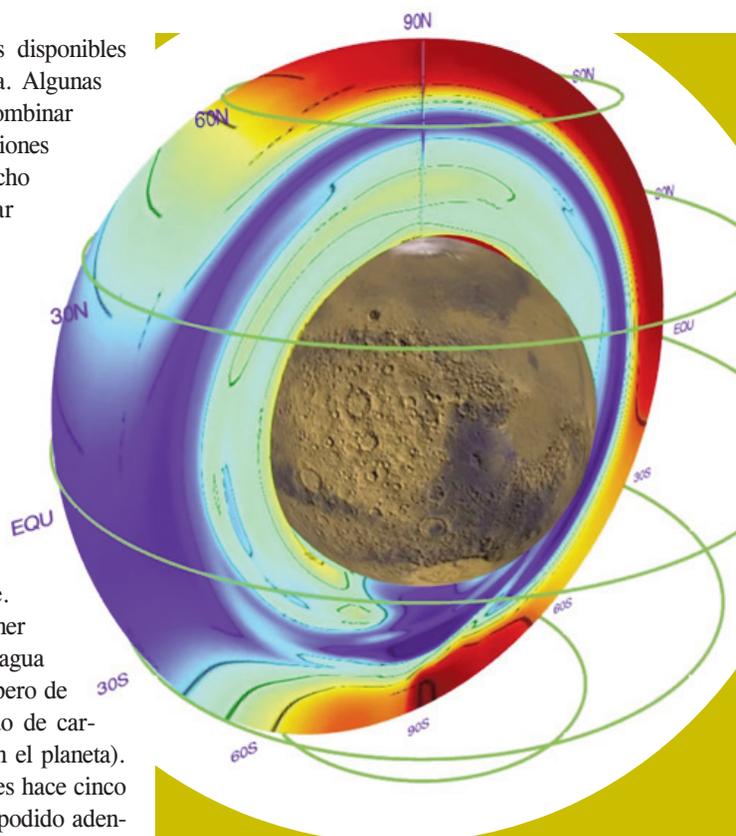
Los resultados demuestran claramente el papel vital de la cooperación científica en descifrar problemas complejos, como el clima de un planeta, lo que requiere de una visión integral de los acoplamientos internos. En la Tierra, por ejemplo, se sabe que la superficie, los volcanes, los océanos, las nubes, los vientos y la radiación en la atmósfera interaccionan entre sí. El trabajo conjunto de expertos de diversos campos de especialización dentro de UPWARDS ha sido central para este objetivo, y el proyecto ha demostrado que crear equipos con sinergia y colaborando antes de que llegue una misión puede resultar muy beneficioso.

Logros del proyecto

El objetivo principal de UPWARDS residía en desarrollar nuevas técnicas matemáticas de inversión (*retrieval methods*) para extraer

más información de los datos disponibles sobre Marte que hasta la fecha. Algunas de estas técnicas permiten combinar datos de instrumentos y misiones diferentes, lo que resulta mucho más eficiente que combinar datos obtenidos por separado. Esta adquisición colectiva de información se viene realizando en satélites de observación terrestre pero es la primera vez que se aplica a Marte. También se han diseñado métodos de análisis de datos para el limbo del planeta, una geometría de observación poderosa y poco explotada hasta la fecha en Marte. Con ellos hemos podido obtener perfiles verticales de vapor de agua (un gas muy escaso en Marte pero de gran importancia) y de dióxido de carbono (el gas más abundante en el planeta). Estos resultados eran imposibles hace cinco años. El proyecto también ha podido adentrarse en las tormentas de polvo, lo que constituye un desafío. Con ello hemos encontrado y cuantificado por primera vez una anticorrelación entre la cantidad de polvo y la de vapor de agua atmosféricos dentro de la tormenta.

Otro estudio ha consistido en confeccionar un mapa completo de la distribución y del ciclo anual de las nubes de hielo de agua, esas extrañas condensaciones relativamente desconocidas hasta hace poco. El estudio señala el importante papel de estas nubes sobre el llamado ciclo anual del agua, un complejo y variable régimen de intercambios de agua (hielo y vapor) en el que participan también las capas polares, los vientos y la circulación general, los aerosoles minerales (polvo en suspensión), y las propiedades de la superficie. También, en el marco del proyecto, hemos podido medir y comparar emisiones de hidrógeno en las capas más altas de la atmósfera cuando estas moléculas escapan al espacio, y que no encajan con nuestras predicciones teóricas y nuestras simulaciones numéricas. Sin embargo, podrían explicarse gracias a un resultado reciente que apunta que grandes cantidades de vapor de agua podrían alcan-



Corte de la atmósfera en 3D de Marte, desde la superficie hasta los 200 kilómetros (las dimensiones se han ampliado para una mejor visualización; los colores indican la temperatura). El cuerpo sólido marciano muestra características topográficas, casquetes polares, etc. En ausencia de vientos, el planeta sólido y la atmósfera rotan conjuntamente. La fría mesopausa (en azul) se extiende hasta la exosfera solo en regiones ecuatoriales debido al transporte global hacia los polos.

zar elevadas alturas en la atmósfera marciana durante los periodos de tormentas de polvo.

Más allá de UPWARDS

La ingente cantidad de datos producidos durante estos tres años, difundidos y almacenados en repositorios abiertos de la Agencia Espacial Europea (ESA), permitirán poner a Europa al frente de la investigación científica de Marte, y animar a establecer lazos estrechos entre equipos europeos en este campo. Grandes consorcios con sinergia interna serán claves para la investigación planetaria del futuro, y este proyecto ha sentado un ejemplo que, espero, otros continúen.

2018, lanzamiento de la misión BepiColombo

TRAS VARIOS AÑOS DE RETRASO, LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA), EN COLABORACIÓN CON LA AGENCIA JAPONESA JAXA, LANZARÁ EL PRÓXIMO MES DE OCTUBRE DE 2018 SU PRIMERA Y AMBICIOSA MISIÓN A MERCURIO

Por José Juan López Moreno (IAA-CSIC)

MERCURIO ES EL PLANETA MÁS CERCANO AL SOL Y EL MÁS PEQUEÑO DEL SISTEMA SOLAR, con un diámetro ecuatorial de 4.879 kilómetros y una densidad muy alta, de 5.44 gramos por centímetro cúbico (la segunda más alta del Sistema Solar después de la terrestre). Mercurio es uno de los planetas de nuestro Sistema Solar menos explorado. Hasta ahora solamente dos misiones de NASA se han acercado a él: en la década de los 70, Mariner 10 sobrevoló tres veces el planeta y tomó las primeras imágenes de alta resolución de su superficie, y hubo que esperar hasta 2010 para que la nave MESSENGER visitara Mercurio y entrara en órbita en 2011.

Primera misión europea a Mercurio

El estudio de Mercurio, como el planeta más cercano al Sol y con una inusual composición, presenta un gran interés desde el punto de vista geológico, así como desde el de su formación y evolución. Uno de los objetivos de la misión reside en realizar un mapa completo de la superficie en varias longitudes de onda para conocer su mineralogía y su composición, para comprobar si el interior del planeta está aún en fase líquida y para comprender su campo magnético.



Desde un punto de vista geológico encierra grandes incógnitas cuya respuesta requiere de la simbiosis de dos instrumentos: una cámara de alta resolución y un altímetro láser. La explotación científica de ambos instrumentos permitirá conocer la forma del planeta para establecer una superficie de referencia, las variaciones topográficas relativas a esa forma de referencia, y determinar la posición precisa de relieves topográficos importantes, las deformaciones de la superficie por efectos de marea producidos por el Sol, rugosidad de la superficie, pendientes locales, reflectancia de la superficie, etc. Debido a que es el planeta más cercano al Sol nos puede enseñar cómo se forman los planetas. Mercurio, Venus, la Tierra y Marte forman la familia de planetas terrestres, y cada uno guarda la información para conocer la historia del grupo completo.

El conocimiento de cómo se originaron y cómo han evolucionado es clave para entender cómo se generaron las condiciones que hicieron posible la formación de vida en la Tierra. Mientras el acceso a otros sistemas solares nos esté vedado, nuestro Sistema Solar en el único laboratorio para probar los modelos de evolución que se podrían extender al conocimiento de otros sistemas planetarios.

La misión a Mercurio fue propuesta por la ESA por primera vez en 1993 como una misión de coste medio. Sin embargo, un análisis más realista de su complejidad y coste no fue aprobado. Posteriormente,

Extracción del Mercury Planetary Orbiter (MPO) de la ESA de la misión BepiColombo después de llegar a Kourou para los preparativos de lanzamiento. Fuente: ESA/CNES /Arianespace/Optique vidéo du CSG – P.Baudon.

cuando en 1994 el programa *Horizon 2000* se extendió a tres nuevas misiones de tamaño grande, bautizadas como *cornerstone missions*, la ESA eligió BepiColombo como una de esas misiones grandes para ser desarrollada en el periodo 2008-2013.

Aunque inicialmente se pensó utilizar un cohete Soyuz-Fregat, conforme avanzaba el desarrollo de los vehículos y de los instrumentos se llegó a un aumento de masa que hizo necesario cambiar de vehículo lanzador. El lanzamiento se realizará desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa, a bordo de un cohete Ariane 5.

El camino hasta entrar en órbita alrededor de Mercurio, a pesar de que la distancia mínima a la Tierra es de menos de noventa y dos millones de kilómetros (0.61 Unidades Astronómicas), no deja de ser complicado. En efecto, desde su lanzamiento hasta su entrada en órbita en un viaje de más de siete años de duración sobrevolará una vez la Tierra, dos Venus y seis veces Mercurio.

La misión BepiColombo consta de dos satélites independientes, uno proporcionado por la agencia espacial japonesa denominado MMO (Orbitador Magnetosférico de Mercurio), y otro proporcionado por ESA

de nombre MPO (Orbitador Planetario de Mercurio). Los dos satélites viajarán juntos en un viaje de más de siete años hasta su puesta en órbita alrededor de Mercurio. Las dos órbitas tienen un periastro (distancia mínima entre la nave y Mercurio) de cuatrocientos kilómetros, pero mientras el MMO tendrá un apoastro (distancia máxima) de doce mil kilómetros y un periodo de 9.2 horas, el MPO se alejará solo mil quinientos kilómetros con un periodo de 2.3 horas.

El satélite MPO se dedicará al estudio de la superficie y la composición interna del planeta mientras que el MMO se dedicará al estudio de la interacción de la radiación solar con la magnetosfera de Mercurio.

Una vez insertados en órbita los dos satélites, en marzo de 2026, la misión tiene prevista una duración inicial de catorce meses que se podría extender un año más, hasta mayo de 2028.

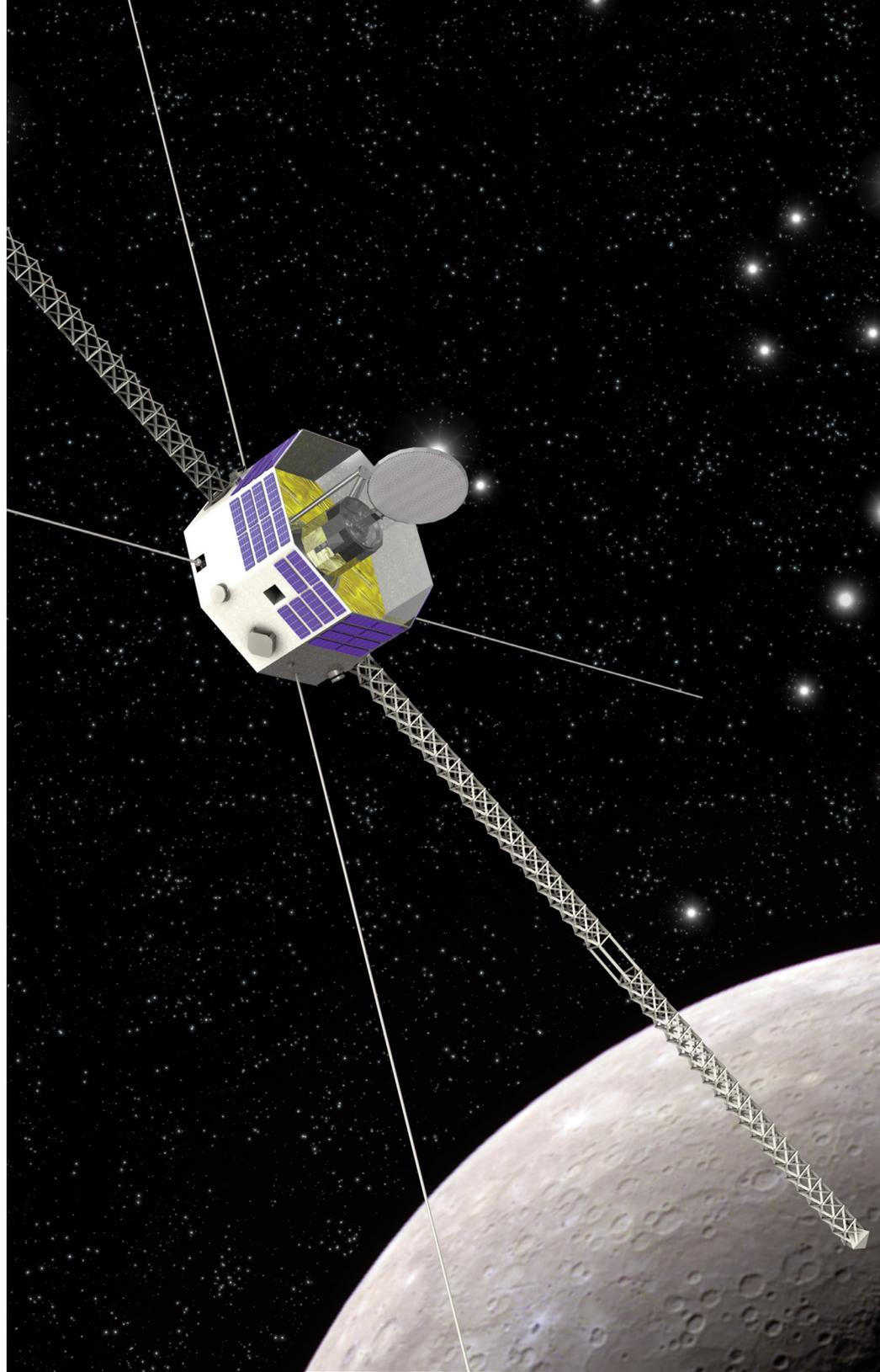
Los instrumentos a bordo de Bepi-Colombo nos aportarán información no solo de la composición e historia de Mercurio, sino de la historia de la formación de los planetas con un núcleo sólido en general, incluyendo la Tierra.

Participación del IAA

El IAA participa en la misión BepiColombo desde su inicio como parte del consorcio internacional formado por científicos y técnicos de Suiza, Alemania y España y que ha sido el responsable de desarrollar el instrumento BeLA (acrónimo en inglés de *BepiColombo Laser Altimeter*), un altímetro láser cuyo diseño y construcción recae por primera vez en Europa.

En particular, el equipo del IAA que participa en la misión se ha encargado del diseño, la construcción y la fabricación del módulo de potencia de BeLA, y los modelos de vuelo han sido realizados con la colaboración de varias industrias aeroespaciales españolas. El módulo de potencia está compuesto por dos tarjetas electrónicas, una que alimentará a la rama principal de toda la electrónica del altímetro y otra redundante para que, en caso de fallo, el equipo pueda seguir funcionando. El núcleo está constituido por varios convertidores híbridos que alimentan y aíslan del ruido electromagnético a las diferentes ramas de potencia de los subsistemas que forman el instrumento.

En esta misión participan por parte del CSIC: Luisa M. Lara, Rafael Rodrigo, José M. Castro, Miguel Herranz, Fernando Girela, Julio Rodrigo y José Juan López Moreno.



El viaje de BepiColombo

Octubre 2018	Lanzamiento
10 abril 2020	Sobrevuelo a la Tierra
15 octubre 2020	Primer sobrevuelo a Venus
11 agosto 2021	Segundo sobrevuelo a Venus
2 octubre 2021	Primer sobrevuelo a Mercurio
23 junio 2022	Segundo sobrevuelo da Mercurio
20 junio 2023	Tercer sobrevuelo a Mercurio
5 septiembre 2024	Cuarto sobrevuelo a Mercurio
2 diciembre 2024	Quinto sobrevuelo a Mercurio
9 enero 2025	Sexto sobrevuelo a Mercurio
5 diciembre 2025	Llegada a Mercurio
14 marzo 2026	Órbita final del MPO
1 mayo 2027	Fin de la misión nominal
1 mayo 2028	Fin de la misión extendida

El principio antrópico, último bastión del antropocentrismo

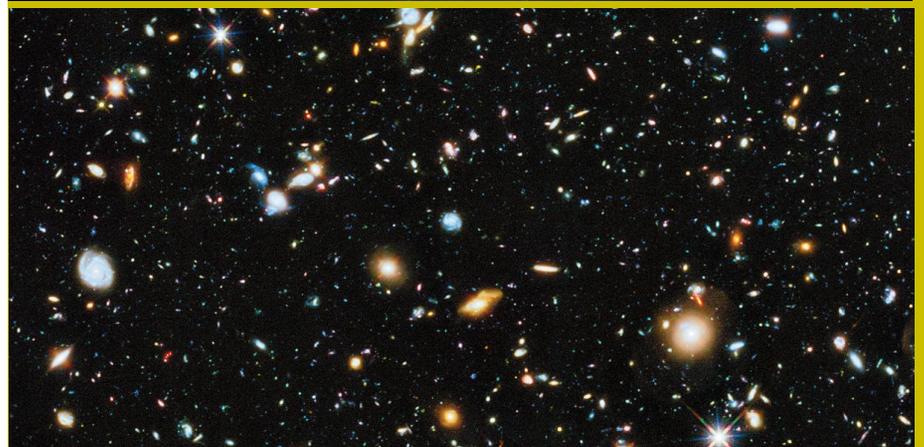
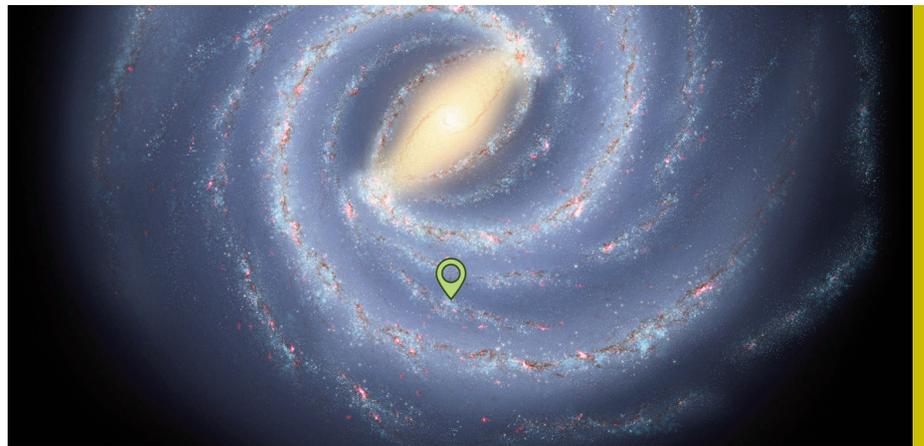
EL PRINCIPIO ANTRÓPICO SUGIERE QUE VIVIMOS EN UN UNIVERSO METICULOSAMENTE ADAPTADO PARA PERMITIR LA EXISTENCIA DE LA VIDA QUE CONOCEMOS

Por Enrique Pérez Montero (IAA-CSIC)

UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS NOTABLES DEL SER HUMANO, AL MENOS UNA DE LAS QUE NOS DISTINGUE COMO ESPECIE del resto de seres vivos que conocemos, es nuestra capacidad para hacernos preguntas sobre nuestro lugar en el universo. Tanto nuestros sentidos como la propia existencia de ese pensamiento y de tener una conciencia de nuestra existencia nos hacen destacar como especie y tener una visión subjetiva de superioridad y preponderancia entre todas las demás especies animales y vegetales de nuestro planeta. Ese sentimiento de superioridad se ha visto reforzado desde hace milenios por nuestra perspectiva anómala del lugar que nuestro hogar, el planeta Tierra, tiene en el espacio.

Los últimos quinientos años han mejorado la concepción de ese lugar gracias al desarrollo de la instrumentación astronómica y a la implantación del sentido crítico que suponía la adopción del método científico. De esta manera, desde una visión geocéntrica donde ocupábamos el centro del universo y este giraba alrededor de nuestro ombligo, se ha ido arrinconando a nuestro pequeño planeta a un lugar sin importancia.

Primero se desplazó a la Tierra desde el centro del Sistema Solar a su lugar correcto: el tercero de los planetas que giran alrededor del Sol. Luego se supo que el Sol no es más que una entre los cientos de miles de millones de estrellas que componen nuestra gala-



Arriba, posición del Sistema Solar en la Vía Láctea. Debajo, fragmento del campo ultraprofundo del Hubble, resultado de doce días de exposición continua y que reveló la existencia de miles de galaxias en una pequeña región del cielo sin objetos brillantes conocidos (NASA/ESA).

xia, la Vía Láctea, y que lejos de ocupar su centro, como al principio se pensaba, se encuentra a casi treinta mil años luz de este. Para finalizar, hace menos de un siglo que sabemos que nuestra galaxia no es la totalidad del universo, sino una galaxia de tamaño medio entre otras dos billones que, se piensa, componen este universo tan vasto que es imposible darle cabida de manera racional en nuestra mente.

Sigue siendo cierto que nuestros sentidos nos embaucan transmitiéndonos la idea de que somos el centro de una Tierra plana, alrededor de la que giran todos los astros. Y que, desde nuestra posición, todas las galaxias se alejan de nosotros y ocupamos el centro del universo observable, aquel que puede vislumbrarse usando la luz como fuente de información hasta el momento en que el universo se creó a partir de una Gran

Explosión (Big Bang). En realidad, la propia limitación temporal es la que nos impide saber qué hay más allá de ese límite y, como suele ocurrir, esa posición no es más privilegiada que la que puede tener cualquier otro observador en cualquier otro lugar del universo.

La vida como factor de diferencia

El principio antrópico, aquel que defiende el lugar privilegiado del ser humano en el universo, no se ve por tanto confirmado por nuestro lugar marginal dentro del mismo. Otro posible refuerzo, sin embargo, a esta sensación de predominio viene dada por la aparente ausencia de vida y especies inteligentes en otros lugares del universo. Por supuesto, esa aparente ausencia puede ser solo consecuencia de nuestra incapacidad hasta el momento por hallarla, pero es cierto

que el célebre físico italiano Enrico Fermi defendió que era una paradoja que aún no hubiésemos entablado contacto con ninguna de estas civilizaciones si es cierto que hay otras además de la nuestra.

En los años 60 del siglo pasado, el radioastrónomo americano Frank Drake planteó una ecuación que trataba de cuantificar el número de civilizaciones inteligentes que podrían estar conviviendo con nosotros en la galaxia con suficiente capacidad tecnológica para dominar la radioastronomía y poder recibir o enviar mensajes para comunicarse con nosotros. La estimación de ese número depende de cantidades que aún estamos lejos de conocer. Una de ellas es el número de estrellas con planetas capaces de albergar vida. El número de planetas extrasolares detectados se está viendo multiplicado en los últimos años gracias a la mayor sensibilidad de los telescopios y a los avances en las técnicas de detección, y hoy se piensa que casi todas las estrellas tienen planetas orbitando en torno a ellas.

Lo que no está tan claro es si estos planetas pueden albergar vida y si esta vida puede mantenerse lo bastante como para dar lugar a seres complejos e inteligentes. Nuestro Sistema Solar tiene una historia y una configuración que ha ayudado a que nosotros estemos hoy aquí haciéndonos estas preguntas, y no sabemos cuán fácilmente estas mismas condiciones se pueden repetir o si otras condiciones pueden conducir a formas de vida completamente diferentes a lo que conocemos o podemos imaginar. La presencia de agua líquida en un planeta rocoso que esté a una distancia adecuada de su estrella no es un fenómeno tan raro en otras estrellas. Sí lo es que ese planeta cuente con un satélite masivo que ayude a estabilizar la trayectoria orbital del planeta, lo que mitigaría las variaciones climáticas; o que ese planeta presente un campo magnético que desvíe los vientos estelares perjudiciales para el desarrollo de la vida; o que haya dos gigantes gaseosos en las afueras de ese sistema solar, h que atraiga a la mayoría de cometas y asteroides potencialmente peligrosos para los planetas interiores y otro que ayude a estabilizar la trayectoria del primero, lo que evita que se desplace a distancias menores del sistema y acabe con los planetas rocosos.

También parece ser importante que los planetas orbiten en torno a estrellas de tipo amarillo y no enanas rojas, lo que propicia que el planeta reciba radiación ultravioleta, que impulsa la aparición de mutaciones y la evolución de las especies, pero que son lo bas-



La ecuación de Drake, que busca cuantificar el número de civilizaciones inteligentes que podrían intentar establecer contacto con la nuestra.

tante longevas como para permitir que estas dispongan de varios miles de millones de años para desarrollarse. En nuestra evolución también ha jugado un papel fundamental la proporción de agua en la superficie, que dio lugar a continentes y océanos, y la tectónica de placas, imprescindible para regular la cantidad de carbono en la atmósfera y, por tanto, su temperatura. Además, la trayectoria y posición del Sol dentro de nuestra galaxia, y de esta para no sufrir encuentros frecuentes con otras galaxias similares, parecen ser de gran importancia para evitar interacciones con regiones de formación estelar, explosiones de supernovas o agujeros negros supermasivos.

Todos estos factores influirían en la posible existencia de seres como nosotros en entornos próximos. En todo caso, esto no deja de ser puramente especulativo y aún estamos aprendiendo sobre la posible excepcionalidad de nuestro hogar. Bien pudiera ser que, una vez llegado a cierto nivel de avance tecnológico, cualquier civilización termine por autodestruirse, lo que explicaría también nuestros problemas para contactar con ellas.

Las leyes de la física

El principio antrópico también encuentra una formulación mucho más robusta en lo aparentemente excepcionales y específicas que son las leyes físicas y las condiciones iniciales de nuestro universo para haber desembocado en nuestra presencia en él, en contraposición a la casi infinita lista de otras posibilidades que lo hubieran impedido. Se sabe que el origen del universo fue una Gran Explosión, o Big Bang, hace 13.700 millones de años, donde a partir de un solo punto de densidad infinita nacieron todos los elementos que lo componen hoy en día, incluyendo la radiación, la materia bariónica (la que conocemos) y la oscura (la que aún no entendemos), así como la energía oscura, responsable de la expansión acelerada del universo. Sin embargo, una pequeñísima

variación en las condiciones iniciales en que se produjo esta explosión o la proporción de estos elementos habría llevado a universos muy diferentes. Una velocidad solo algo menor habría propiciado que la fuerza de la gravedad dominara enseguida sobre las demás fuerzas, haciendo que la materia permaneciera toda unida; en contraste, una velocidad inicial un poco mayor o una densidad de materia algo menor habrían impedido que se condensaran ciertas regiones de materia para dar lugar a estrellas y galaxias, y la materia se habría expandido sin fin alejándose todas las partículas unas de otras.

De la misma forma, las galaxias se formaron como producto de ligeras y adecuadas perturbaciones en la densidad de materia que, de haber sido de magnitud algo mayor o menor, habrían dado lugar a estructuras diferentes o a la ausencia de ellas. Las mismas relaciones de proporcionalidad entre las fuerzas fundamentales de la naturaleza (gravedad, electromagnetismo, fuerzas nuclear fuerte y débil) son lo bastante precisas como para que los átomos se crearan de manera estable y pudieran fusionarse en el interior de las estrellas para dar lugar a las especies químicas que hoy son parte fundamental de la vida. Es decir, todo un cúmulo de circunstancias casi milagrosas que desembocaron en nuestra presencia hoy aquí.

Existe un debate sobre si este universo es único y se ha producido solo para que la vida resulte posible, o si simplemente estamos aquí como fruto de una casualidad entre otros muchos universos posibles que han dado lugar a realidades diferentes. En todo caso, la historia de la astronomía y la biología nos ha enseñado que cualquier idea de predominio de nuestra especie entre las demás es fruto de una perspectiva anómala y una profunda ignorancia, así que no debemos seguir cayendo en el mismo error a pesar de las apariencias.



el "Moby Dick" de...

... Rainer Schödel (IAA)

El centro Galáctico

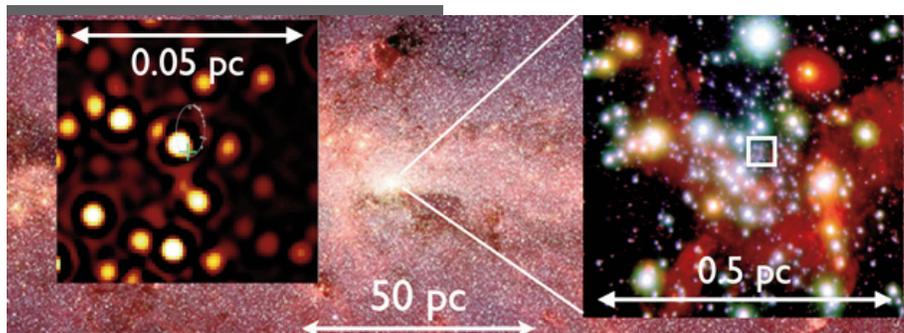


Rainer Schödel se doctoró en el Instituto Max Planck de Física Extraterrestre/Universidad de Munich y, tras una estancia en la Universidad de Colonia, comenzó a trabajar en el Instituto de Astrofísica de Andalucía. En 2014 obtuvo una *ERC Consolidator Grant*, que ofrece una subvención a largo plazo para el desarrollo de proyectos con carácter rompedor encabezados por científicos jóvenes y prometedores.

Mi Moby Dick es el centro de la Vía Láctea. Desde los comienzos de mi carrera como astrofísico observacional me he dedicado a explorar este laboratorio astrofísico único para entender las propiedades de Sagitario A*, el agujero negro masivo en el mismísimo centro, y de las densas estructuras estelares que lo rodean, así como la forma en la que interactúan estas entidades.

Todo empezó cuando terminé con mi *Diplomarbeit* (tesis de diploma), un trabajo científico de un año con el que antaño se terminaban los estudios de ciencias naturales en Alemania -equivalente a un trabajo fin de máster de hoy en día-. Entonces (al principio del nuevo milenio) era estudiante de geofísica en la Universidad de Munich e investigaba la física de la cola del campo magnético de la Tierra. Como desarrollaba mi trabajo en el Instituto Max-Planck de Física Extraterrestre, donde había mucha investigación en astrofísica (además, con ESO y el Instituto Max-Planck de Astrofísica de vecinos) decidí que iba a atreverme a realizar mi sueño de hacerme astrónomo. Así que fui a "tocar puertas" para preguntar quién podría estar interesado en acogerme como estudiante de doctorado en astrofísica. Gracias a las buenas recomendaciones de mis tutores de *Diplomarbeit* fui acogido por el muy conocido astrofísico Reinhard Genzel y su equipo. Entonces yo era un novato y tenía muchísimo que aprender: ¡ni siquiera sabía que se podía medir el movimiento propio de las estrellas!, un método que iba a ser clave para mi doctorado y futura investigación.

El último año de mi tesis fue extremadamente intenso y estuvo acompañado de los fuegos artificiales que supusieron los resultados que producía el grupo de Reinhard Genzel con la nueva instrumentación en el VLT (*Very Large Telescope*). Tuve la enorme suerte de llevar a cabo mi tesis justo en el momento en que la estrella más brillante cerca de Sagitario A*, llamada S2, pasaba por el pericentro, o posición de su órbita más próxima al agujero negro. Así, usando las leyes de Kepler, pude determinar que había una masa de aproximadamente cuatro millones de masas solares encerrada en un volumen de apenas tres veces el



De fondo, panorámica de la Vía Láctea (Spitzer, NASA/JPL-Caltech/S. Stolovy). Dcha: imagen con datos obtenidos con NACO/VLT (ESO/R. Schödel). Izda: vecindad de SgrA* (cruz verde), con la órbita de la estrella S2 (ESO/R. Schödel).

tamaño de nuestro sistema planetario. Con esta medida clave se podía demostrar, más allá de dudas razonables, que Sagitario A*, esta fuente puntual de radio descubierta por Balic & Brown en 1974, era de verdad un agujero negro masivo y que tales entidades existen también en los centros de galaxias tan tranquilas como la nuestra.

Ampliando el objetivo

Desde entonces no he podido salir del pozo de potencial profundo que es el centro Galáctico. Mientras al principio enfocaba mi atención a Sagitario A*, poco a poco fui aumentando la envergadura de mi investigación para englobar el cúmulo nuclear, que alberga el agujero negro en su centro y, ahora, el disco nuclear. Para explicar este cambio de foco suelo decir que "para entender un elefante hay que estudiar también su hábitat". Y el de SgrA* es un hábitat de superlativos. El cúmulo nuclear tiene un tamaño muy parecido al de un cúmulo globular, pero es mucho más masivo: contiene unos veinticinco millones de masas solares. La densidad de estrellas en el pársec central (los 3,26 años luz centrales) alcanza hasta diez millones de veces la densidad estelar en la vecindad del Sol. El disco nuclear alrededor del cúmulo nuclear tiene un radio de unos doscientos pársecs, contiene hasta mil millones de masas solares y es, normalizado por volumen, la fábrica de estrellas masivas

más activa de toda la Vía Láctea. ¡Incluso hay estrellas que se han formado hace unos pocos millones de años en la vecindad directa (a tan solo 0.1 pársecs) del agujero negro!

El centro Galáctico se suele describir como un laboratorio astrofísico único, donde podemos investigar la validez de la Teoría de la Relatividad General, procesos como la interacción de estrellas y de materia interestelar con un agujero negro masivo, estrellas que son muy raras en el resto de la Galaxia o la formación estelar en ambientes extremos. Desafortunadamente, el centro Galáctico es difícil de estudiar porque sufre de una extrema extinción interestelar y por eso solo es observable en el rango infrarrojo. Además, la densidad de estrellas es tan alta que necesitamos observarlo con la resolución angular más alta posible, lo que requiere del uso de los telescopios más grandes y de técnicas especiales (óptica adaptativa, *speckle imaging*) para contrarrestar el efecto desfavorable que tiene la atmósfera terrestre en la calidad de las imágenes astronómicas. Esto significa que, de momento, solo podemos estudiar la punta del iceberg, aproximadamente un 10% de las estrellas en el centro Galáctico. Sin embargo, el continuo progreso en nuestras técnicas de análisis, en instrumentos y telescopios -en menos de diez años tendremos a nuestra disponibilidad uno de casi cuarenta metros de diámetro (ELT/ESO)- significa que vamos erosionando la superficie y profundizando en el asombroso núcleo de nuestra Galaxia.

Y allí es donde creo que yace el verdadero canto de ballena que me fuerza a perseguir mi Moby Dick: quiero excavar ese iceberg y encontrar sus tesoros ocultos.

John Money o de la legalización de la tortura infantil

DANIEL J. GARCÍA LÓPEZ
DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA DEL
DERECHO, UNIVERSIDAD DE GRANADA

Tres cuerpos adolescentes desnudos. Ninguno llega a los quince años de edad. Tres cuerpos adolescentes desnudos y una franja negra que recorre sus ojos. La fotografía en blanco y negro. El fondo acentúa sus genitales. El espectador se dirige a ese punto: hay algo *extraño* que los diferencia de unos genitales *normales*. Se trata de menores intersex. Los cuerpos siguen desnudos por mucha franja que oculte sus miradas.

Esta es una de las prácticas habituales de la medicina moderna: realizar fotografías y vídeos a personas en minoría de edad. Y hacerlas, obviamente, sin su consentimiento, situando una franja negra como si de esa forma el suplicio quedara oculto. Se trata de una situación de tortura, y así se ha señalado en el *Informe del Relator Especial sobre la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes* realizado en 2013 por Naciones Unidas. John Money (1921-2006) fue uno de los mayores torturadores del siglo XX e inventor de un método aún practicado hoy en día sobre personas intersex.

Desde su cátedra en la Johns Hopkins University (Estados Unidos), tras defender en 1952 su Tesis Doctoral *Hermafroditismo: una investigación sobre la naturaleza de una paradoja humana* en la Universidad de Harvard, Money creó el protocolo para la normalización de personas intersex (*Optimal Gender of Rearing*)¹. El método desarrollado por John Money sigue aplicándose hoy en día en los hospitales de las llamadas democracias occidentales. Money consideraba a las personas intersex como sujetos *anormales* y *defectuosos* que debían ser corregidos para que pudieran desarrollar una identidad de género *estable*, pues sus cuerpos no se ajustaban a la norma de lo que debía ser un hombre y una mujer. De lo contrario, serían infelices y, peor aún (nótese la ironía), desarrollarían conductas homosexuales. Esta era su hipótesis. El binarismo sexual,

aquella ficción que nos separa en hombres y mujeres, debía ser protegido a toda costa, aunque ello supusiera la negación de derechos de las personas que no cumplían con esa norma, según la interpretación que hacía John Money de ella. Para demostrar su teoría, se le presentó un caso idóneo, los gemelos Reimer: dos chicos endosex (no intersex) uno de los cuales, tras pasar por una cirugía de fimosis a los pocos meses de edad, perdió el pene. Money vio aquí el cielo abierto. Demostraría su teoría *convirtiendo* a uno de ellos en niña por medio de procesos



quirúrgicos, hormonales y psicológicos. Al mismo tiempo, podría analizar el desarrollo paralelo de su hermano gemelo. La idea es que si se consigue una anatomía sexual *creíble* (es decir, que los genitales se vean estéticamente correctos), se podrá producir el género. Por resumir brevemente el caso: en la adolescencia, Brenda rechazó lo que habían hecho de ella porque se identificaba como David. David fue torturado de niño. Eso nunca se le borraría de la memoria. Pero tampoco a su hermano, y ambos acabaron suicidándose.

A pesar de demostrarse lo erróneo de la teoría de Money y cómo produjo graves daños a menores intersex en la Johns Hopkins University, hoy en día en nuestros

hospitales se sigue aplicando su protocolo. Hoy en día se sigue mutilando a menores intersex, a recién nacidos, en las llamadas cirugías de normalización genital neonatal, así como todos los tratamientos médicos meramente estéticos y sin consentimiento de la propia persona. Porque la ciencia biomédica entiende que nos encontramos ante un caso de *urgencia psicosocial* y, como tal, ni siquiera es necesario el consentimiento de los padres/madres/tutores legales. John Money institucionalizó la tortura infantil y los sistemas jurídicos la avalaron: fotografías de cuerpos desnudos, experimentación hormonal, mutilaciones genitales. Eso es lo que le debemos a John Money. También el concepto de disforia de género que se utiliza para patologizar y discriminar a personas transexuales. Y gracias a ello recibió la prestigiosa medalla Magnus Hirschfeld de la *Deutsche Gesellschaft für Sozialwissenschaftliche Sexualforschung*.

El 22 de enero de 2018, en Ginebra, durante la sesión número 77 del Comité de los Derechos del Niño de las Naciones Unidas, se examinó cómo el Estado español sigue practicando mutilaciones genitales a personas intersex. Unos días más tarde, el 2 de febrero, hace apenas unos meses, España fue condenada por Naciones Unidas por violación de los derechos de los niños y las niñas intersex. Porque en nuestros hospitales se sigue aplicando el protocolo creado por Money, se sigue torturando a menores de edad, incluso a neonatos. Las ideas de John Money, como dogmas de fe, se siguen estudiando en las Facultades de Medicina. Los derechos de las personas intersex (sexuales y reproductivos, a la integridad física, al libre desarrollo de la personalidad o a la dignidad) quedan en suspenso en las puertas del quirófano. Como no es posible enjuiciar a John Money por crímenes contra la humanidad al haber fallecido, quede su retrato, con sus ojos marcados por la franja oscura de la tortura, tal y como él realizó a cientos de menores intersex, como nuestra particular *vendetta*.

REFERENCIAS:

Daniel J. García López (2015). *Sobre el derecho de los hermafroditas*. Tenerife: Melusina.

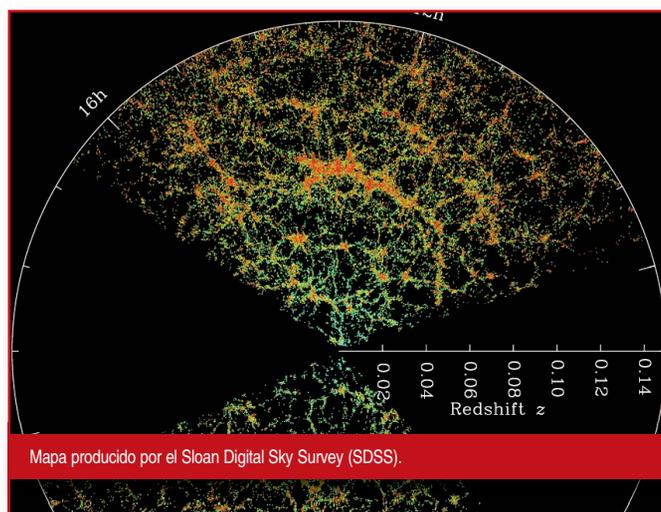
1. Se adelantó cuatro décadas a la teoría performativa de Judith Butler, aunque sin el carácter emancipatorio de la filosofía *queer*.

DESARROLLO DE ROBÓTICA AVANZADA PARA LOS GRANDES CARTOGRAFIADOS DE GALAXIAS

1 LOS CARTOGRAFIADOS DEL FUTURO

La nueva generación de cartografiados cosmológicos como DESI, PFS y 4MOST medirá el efecto de la energía oscura en la historia de expansión del universo. Obtendrán espectros en los rangos óptico e infrarrojo para decenas de millones de galaxias y cuásares, permitiendo construir un mapa tridimensional que abarcará desde el universo cercano hasta diez mil millones de años luz. Este mapa proporcionará una determinación muy precisa de la relación entre la distancia y el corrimiento hacia el rojo de las galaxias debido a su progresivo distanciamiento (un efecto de la expansión del universo).

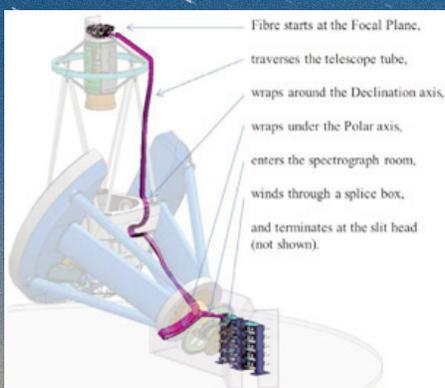
Uno de los desarrollos clave que debe de abordarse para construir estos nuevos espectrógrafos alimentados por fibras ópticas consiste en reemplazar las técnicas actuales que colocan manualmente las fibras ópticas. Este es el caso de los cartografiados llevados a cabo por el *Sloan Digital Sky Survey*: en el caso de BOSS y eBOSS se perforan mil agujeros en una placa de aluminio de un metro de diámetro y luego se inserta a mano cada fibra en cada uno de estos agujeros donde se espera observar la luz de cada objeto. Este trabajo tan tedioso no tiene sentido para los cartografiados espectroscópicos mencionados anteriormente, y que durante la próxima década tomarán millones de espec-



Mapa producido por el Sloan Digital Sky Survey (SDSS).

tros. Para estos instrumentos se planea usar posicionadores robóticos que colocarán automáticamente cada una de las fibras ópticas en la posición donde se espera la luz de cada galaxia (DESI, por ejemplo, contará con cinco mil robots). Estos posicionadores robóticos necesitan ser muy precisos -se tiene que alcanzar una precisión de una micra en el posicionamiento de cada fibra óptica-, deben de ser rápidos, robustos y no pueden colisionar con otros robots cercanos.

De fondo, telescopio Mayall. Fuente: Marilyn Chung.



Fibre starts at the Focal Plane, traverses the telescope tube, wraps around the Declination axis, wraps under the Polar axis, enters the spectrograph room, winds through a splice box, and terminates at the slit head (not shown).



Izda. Grupo de 19 robots diseñados para el Gran Telescopio Canarias. Arriba, robot de 12 mm de diámetro para BigBOSS. Debajo, el robot de 7.4 mm desarrollado para el instrumento DESI.

Recorrido del cable de fibra óptica desde el plano focal del instrumento DESI, en el telescopio Mayall NOAO de 4 metros, que contiene el plano focal con el conjunto de 5000 posicionadores de fibra óptica (Crédito: DESI).

2 EXPERIENCIA EN EL IAA

La experiencia y los conocimientos adquiridos durante los últimos diez años por nuestro equipo en el Instituto de Astrofísica de Andalucía en el desarrollo de estos posicionadores robóticos de fibra óptica nos ha hecho merecedor del reconocimiento como uno de los principales grupos expertos en esta tecnología a nivel mundial. Esta experiencia comenzó en el año 2007 con el desarrollo de mecanismos de posicionamiento de fibra de alta precisión para el espectrógrafo SIDE propuesto para el Gran Telescopio Canarias. El IAA-CSIC diseñó junto con la empresa española AVS un posicionador de eje excéntrico de veinticinco milímetros de diámetro. Se construyó un prototipo a escala real cuya funcionalidad y requerimientos mecánicos fueron probados satisfactoriamente en nuestro laboratorio [1]. En el diseño y construcción de la electrónica y del software de control participó la Universidad de Barcelona. Finalmente, el espectrógrafo MEGARA fue seleccionado para el GTC en lugar de SIDE. AVS aplicó nuestro desarrollo y experiencia en común

3 PRESENTE Y FUTURO

Gracias a todos los esfuerzos dedicados al desarrollo del robot posicionador de fibra óptica para el instrumento DESI, el Instituto de Astrofísica de Andalucía es miembro de la Colaboración DESI. Este instrumento, instalado en el telescopio Mayall de cuatro metros en el Observatorio de Kitt Peak, comenzará a tomar datos en la primavera de 2019. La experiencia y las habilidades desarrolladas durante una década nos han llevado a afrontar nuevos retos tales como el desarrollo de sistemas innovadores de posicionadores de fibra óptica para la nueva generación de telescopios de entre diez y doce metros de gran de campo. En particular propusimos junto con la empresa suiza MPS y el grupo de la EPS-UAM un diseño para

para diseñar y construir los cien robots de MEGARA.

Más tarde, durante los años 2010-2015, nuestro grupo trabajó en el concepto, diseño completo (mecánica, electrónica, control, comunicaciones), construcción de prototipos y pruebas de un posicionador de doce milímetros y otro de 10.4 milímetros de diámetro para los espectrógrafos BigBOSS y DESI respectivamente [2]. En enero de 2010, el IAA-CSIC fue invitado a formar parte del estudio de viabilidad del proyecto BigBOSS para desarrollar el sistema posicionador de fibra óptica. En 2012 otros grupos en España –el Instituto de Física Teórica UAM/CSIC y el HCTLab de la Escuela Politécnica Superior de la UAM (EPS-UAM) en Madrid– se sumaron a estos desarrollos, en colaboración con la empresa española AVS y nuestros colegas suizos de la EPFL y la empresa Faulhaber MPS. Ambos prototipos fueron probados, y sus especificaciones verificadas, en las instalaciones del *Lawrence Berkeley National Laboratory*, institución que lidera el proyecto DESI.

el telescopio de doce metros *Maunakea Spectroscopic Explorer*. Otra oportunidad que estamos valorando es un nuevo diseño para el futuro telescopio de la ESO que se dedicará a la espectroscopía multiobjeto de gran campo.

Como resultado de nuestros desarrollos de robótica avanzada nuestro grupo se ha involucrado en dos colaboraciones transdisciplinarias en el campo de la neurociencia y la inyección celular. Esto se ha materializado en dos proyectos MINECO EXPLORA en colaboración con el Centro de Biología Molecular y la Facultad de Medicina de la UAM en Madrid. La actividad relacionada con el proyecto de neurociencia ha producido una patente que ya se presentó en 2016 (*Dispositivo portátil no invasivo, sistema de posicionamiento, microscopio y método para activar individualmente células en un cultivo*) y otra que está en preparación.



Vista lateral de la configuración óptica utilizada para la automatización del proceso de prueba del posicionador de fibra óptica construido para el instrumento DESI.

EQUIPO

Los ingenieros Marco Azzaro, Santiago Becerril y Justo Sánchez, y el astrofísico Francisco Prada, han formado el núcleo del equipo del IAA que ha estado involucrado desde 2007 en estos desarrollos instrumentales.

REFERENCIAS

Azzaro et al. 2010 (*A fiber positioner robot for the Gran Telescopio Canarias*, SPIE, 7735, 44)

Fahim et al. 2015 (*An 8-mm diameter fibre robot positioner for massive spectroscopy surveys*, MNRAS, 450, 794).

El desarrollo del prototipo para DESI dio lugar a la realización de dos Proyectos Fin de Grado - Ingeniería de Telecomunicación supervisados por Guillermo González de Rivera en la EPS-UAM titulados *Estudio de Sistemas de Comunicaciones para Aplicación en Robótica Cooperativa* y el *Sistema de Comunicación con altas restricciones de tiempo y consumo entre un maestro y múltiples esclavos*, además de un Trabajo Fin de Master sobre el diseño de la electrónica, desarrollo del software de control y pruebas del robot para DESI y que constituye buena parte del trabajo presentado en el artículo de Fahim et al.

[1] Este proyecto, que dio como resultado una patente, fue financiado con una subvención del Plan Nacional AYA del MICINN (P.I. Francisco Prada) y una subvención del CDTI (P.I. AVS).

[2] Nuestras desarrollos y prototipos para BigBOSS y DESI fueron financiados por otro proyecto del CDTI (I.P. AVS), los proyectos del Plan Nacional del MINECO

(I.P. F. Prada) y el último proyecto coordinado entre el IAA-CSIC y la EPS-UAM (P.I. F. Prada y G. González de Rivera). El Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC, el Proyecto Severo Ochoa del IFT-UAM/CSIC y el Proyecto Consolider MultiDark también contribuyeron a la financiación de estos desarrollos instrumentales para DESI.

POLAMI: un proyecto para desentrañar los secretos de los agujeros negros supermasivos de los núcleos galácticos

Coordinado desde el IAA, agrupa a más de veinte investigadores de cinco países y constituye el primer proyecto de su tipo a largo plazo para el estudio los núcleos activos de galaxias en luz polarizada

► Los núcleos activos de galaxias (AGNs, de su nombre en inglés) son los objetos más energéticos del universo. Pueden emitir de forma continua más de cien veces la energía de todas las estrellas de una galaxia como la nuestra, lo que se atribuye a la existencia de un agujero negro supermasivo rodeado de un disco de materia que lo alimenta, y del que emergen dos chorros de partículas a una velocidad próxima a la de la luz. El proyecto POLAMI, en marcha desde 2006, publica los resultados del primer estudio a largo plazo en luz polarizada en longitudes de onda milimétrica de una muestra de AGNs, que permitirá afrontar algunas de las incertidumbres sobre estos objetos.

“Entre estas incertidumbres destacan varias relacionadas con los chorros de partículas que libera el AGN, y que nos remiten a sus regiones más internas y menos exploradas- señala Iván Agudo, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabeza el proyecto POLAMI. Desconocemos, por ejemplo, la composición del material de los chorros o qué modelo explica mejor los procesos que subyacen en su formación, aceleración y colimación, y una de las vías para responder a estas preguntas reside en estudiar estos objetos en luz milimétrica polarizada”.

La luz que recibimos del universo es el resultado de la superposición desordenada de muchas ondas electromagnéticas que vibran aleatoriamente, es decir, luz no polarizada. Bajo algunas circunstancias, la luz de algunos



Centaurus A, uno de los AGNs más cercanos. Fuente: X-ray: NASA/CXC/SAO; Optical: Rolf Olsen; Infrared: NASA/JPL-Caltech

astros vibra preferentemente en un plano, lo que da lugar a luz polarizada linealmente; en otras, la luz dibuja una trayectoria similar a la de un muelle, dando lugar a polarización circular. El tipo de polarización y su variabilidad en el tiempo se relaciona, en el caso de las regiones más internas de los AGNs, con la dinámica y evolución del plasma que forma los chorros, de modo que una monitorización detallada de una muestra de objetos durante periodos que comprenden desde semanas hasta varios años puede aportar respuestas a las cuestiones abiertas.

POLAMI, siglas en inglés de Monitorización Polarimétrica de AGNs en Ondas Milimétricas, busca cubrir las carencias en los datos disponibles, que apenas contemplan el estudio de

la polarización circular de la luz de los AGNs o de la evolución de los chorros en escalas de tiempo inferiores a meses, y que tampoco han explorado intensivamente estos objetos en ondas milimétricas cortas.

La muestra de objetos de POLAMI incluye treinta y siete núcleos activos de galaxias, la mayoría de ellos blázares, un tipo de AGN especialmente luminoso debido a que su orientación nos permite ver los chorros casi de frente. Las observaciones, que se llevaron a cabo desde el radiotelescopio del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) de treinta metros situado en Sierra Nevada (Granada), se programaron en sesiones de entre cuatro y seis horas y se distribuyeron a lo largo de un total de ocho años.

“El programa empezó en 2006 siendo el pequeño proyecto de un grupo de investigadores en el IAA y en IRAM, pero en estos doce años ha pasado a convertirse en una colaboración inter-

nacional consolidada compuesta por más de veinte investigadores en seis centros de cinco países -apunta Iván Agudo (IAA-CSIC)-. El programa ha participado ya en numerosas publicaciones, pero los resultados que publicamos ahora suponen un hito para el proyecto, ya que se trata de las primeras que analizan solo los datos de POLAMI en su conjunto”.

“Los estudios en polarización están entre los más demandantes técnicamente en el radiotelescopio, pero han dado sus frutos -indica Clemens Thum, investigador de IRAM y co-investigador principal del proyecto-. Los resultados revelan por primera vez la presencia de luz polarizada circularmente en toda la muestra de AGNs, y su detección en ondas milimétricas cortas limita los mecanismos que pueden producirla”.

Estos mecanismos se relacionan con la propia configuración del AGN: el disco de materia que alimenta el agujero negro se halla en rotación, y las líneas de campo magnético se “enrollan” formando una estructura helicoidal que confina y acelera las partículas de los chorros. “Los datos apuntan a que la polarización circular se produce por conversión de la polarización lineal en la estructura helicoidal de los chorros”, apunta Thum (IRAM).

Los resultados muestran también variaciones en la polarización circular de la luz, tanto a corto como a largo plazo, cuyas causas están siendo estudiadas, y también apuntan a la existencia de varias regiones de emisión a lo largo de los chorros. “Creemos que los resultados de nuestro programa supondrán un punto de partida importante para abrir nuevos campos de investigación para el conocimiento de los chorros en núcleos activos de galaxias, en concreto en lo que respecta a las propiedades y composición del plasma que los forma en sus regiones próximas agujero negro supermasivo central”, concluye Iván Agudo (IAA-CSIC).

Silbia López de Lacalle (IAA)

Despega la misión ASIM (ESA), que estudiará las descargas eléctricas en la alta atmósfera desde la ISS

El lanzamiento de la misión tuvo lugar en abril desde el Centro Espacial Kennedy en Florida (EEUU). El IAA participa en el análisis de los datos de la misión y mediante el apoyo desde tierra con instrumentos propios

► La misión ASIM (Monitor de Interacciones Atmósfera-Espacio, ESA) se instalará en el módulo Columbus de la Estación Espacial Internacional para estudiar los Eventos Luminosos Transitorios (TLEs, de sus siglas en inglés) y los rayos gamma terrestres (TGFs), una serie de eventos eléctricos relacionados con los rayos de tormenta pero situados decenas de kilómetros sobre las nubes. Estos potentes fenómenos eléctricos pueden influir en cómo nuestra atmósfera nos protege de la radiación espacial o en la química atmosférica, pero aún no se conocen del todo sus causas y consecuencias.

“La detección, hace tres décadas, de intensos destellos en la mesosfera, una región de la atmósfera situada a partir de los cincuenta kilómetros por encima del suelo, supuso una sorpresa porque se creía que la mesosfera carecía de actividad -apunta Francisco Gordillo, investigador del IAA que participa en ASIM-. La influencia de estos destellos, los TLEs, en las propiedades químicas y eléctricas de la alta atmósfera es actualmente objeto de investigaciones realizadas por grupos de todo el mundo, y ASIM constituye la primera misión espacial específica para estudiarlos”.

Los TLEs son causados por los grandes campos eléctricos que se forman sobre las nubes de una tormenta eléctrica, y existen distintos tipos, como los *sprites*, que duran centésimas de segundo y muestran una

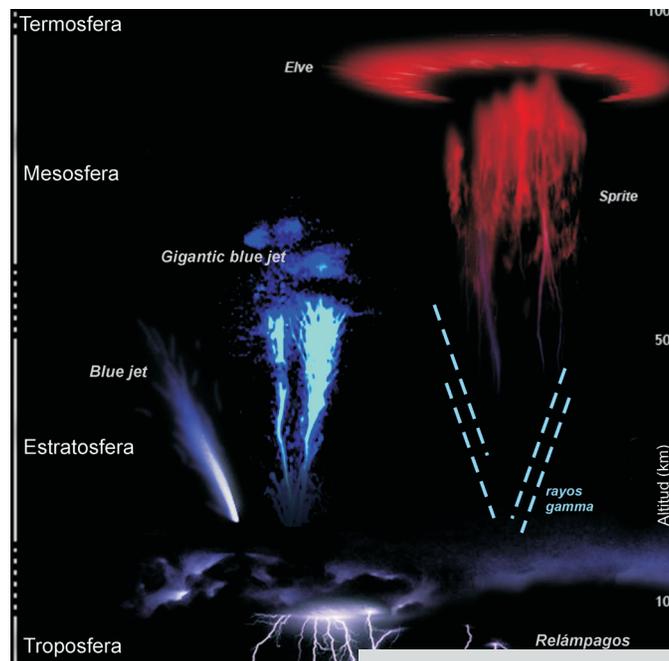


parte superior difusa y una región inferior poblada de “tentáculos” (filamentos de aire ionizado de entre diez y cien metros de grosor), o los chorros azules, descargas eléctricas que ascienden desde la troposfera hasta la ionosfera.

Igualmente, el descubrimiento, en 1994, de rayos gamma originados en las capas altas de las nubes de tormenta -los TGFs- fue un hallazgo inesperado, ya que hasta ese momento se pensaba que la radiación gamma solo procedía del espacio exterior. El mecanismo que produce los TGFs en la atmósfera terrestre es aún hoy desconocido, así como el lugar exacto de la atmósfera donde se producen.

“La mesosfera, demasiado tenue para sostener un globo sonda y demasiado espesa para mantener un satélite en órbita, ha recibido muy escasa atención científica; de hecho, algunos científicos la conocen como ignorosfera”, comenta Alejandro Luque (IAA-CSIC), que también participa en ASIM. Cada uno de estos fenómenos luminosos revela información que ayuda a entender la actividad eléctrica y química de la región y permite completar nuestro conocimiento del circuito eléctrico global del planeta.

ASIM, que tiene una duración de dos años extensibles a cuatro o más, cuenta con distintos módulos compuestos por cámaras y sensores que escrutarán las capas atmosféricas superiores a las tormentas y registra-



rán desde una posición privilegiada estos fenómenos.

Participación española

España ha invertido casi doce millones de euros en ASIM, y varias instituciones españolas forman parte del consorcio científico de la misión, entre las que se encuentra el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), la Universidad de Valencia (UV), la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) y la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Además la Universidad de Valencia y el INTA son miembros tecnológicos del consorcio. En el IAA la participación en ASIM se realiza desde el grupo de Plasmas Transitorios en Atmósferas Planetarias (TRAPPA), que trabajará en el análisis de datos y que está desarrollando modelos computacionales para entender la actividad eléctrica en la atmósfera terrestre desde la troposfera (rayos) hasta la alta atmósfera, desde los dieciocho hasta los noventa kilómetros (región en la que se producen los TLEs).

Además, en el IAA se han desarrollado dos instrumentos para la obtención de datos que completarán las observaciones de ASIM: el instru-

mento GRASSP (*GRAnada Sprite Spectrograph and Polarimeter*) es el primer espectrómetro diseñado para el estudio exclusivo de fenómenos de electricidad atmosférica en las capas altas de la atmósfera. Operativo desde 2015 en el valle del Ebro, una de las regiones de Europa con más actividad eléctrica atmosférica, dispone de la mejor resolución espectral jamás alcanzada para analizar espectros ópticos transitorios (en escalas de milisegundos).

Por su parte, GALIUS (*GrAnada Lightning Ultrafast Spectrograph*), también diseñado, desarrollado y construido íntegramente en el IAA, es el espectrómetro de rayos más rápido del mundo: alcanza velocidades de grabación de más de dos millones de imágenes por segundo, lo que supone acceder a escalas de tiempo por debajo de 0.5 microsegundos. “Esto nos dará acceso a las diferentes fases temporales de los rayos, lo que permitirá hacer estudios fundamentales sobre la dinámica de los rayos o los procesos químicos inducidos por rayos en la atmósfera”, concluye Francisco Gordillo (IAA-CSIC).

Silbia López de Lacalle (IAA)

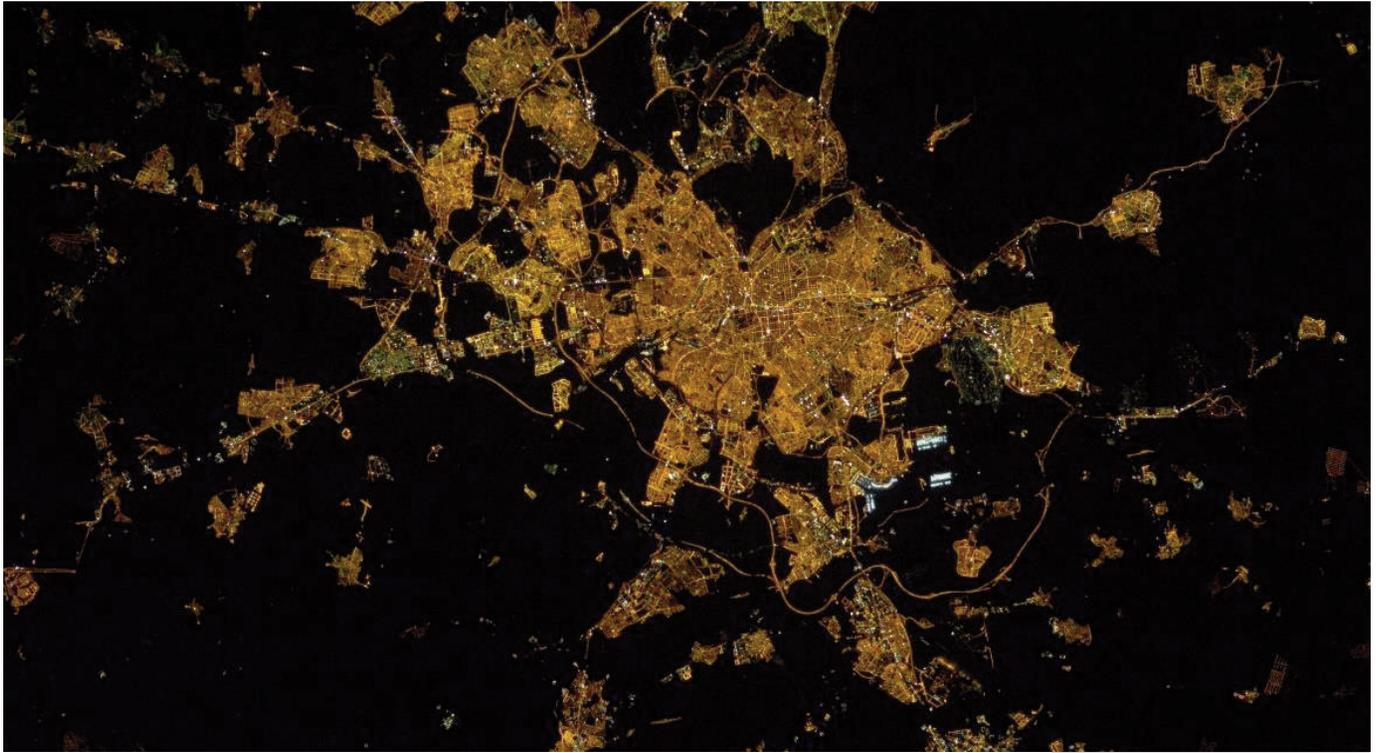


Imagen nocturna de Madrid desde la Estación Espacial Internacional, 12 de febrero de 2012. Hora: 02:22:46 GMT (hora local 03:22:46) (ISS030-E-82052).

Se relaciona la exposición nocturna a la luz azul con los cánceres de mama y próstata

La investigación utilizó fotografías tomadas por astronautas para evaluar el alumbrado exterior de Madrid y Barcelona

► Un estudio, realizado por un equipo internacional bajo la dirección del Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobal) y con la participación del IAA, ha observado una asociación entre niveles elevados de exposición a luz azul durante la noche y un mayor riesgo de padecer cáncer de mama y de próstata. La luz de espectro azul es aquella que emiten la mayoría de luces LED de tipo blanco y muchas pantallas de tabletas y teléfonos móviles. Los resultados se han dado a conocer en la revista *Environmental Health Perspectives*. “La Agencia Internacional de Investigación en Cáncer de la OMS (IARC) ha clasificado el trabajo en turno de noche como probable cancerígeno en humanos. Existen evidencias que apuntan a una relación entre el trabajo nocturno expuesto a la luz artificial, que implica interrupción del ritmo circadiano, y los cánceres de mama y de próstata. En este estudio

queríamos averiguar si la exposición a la luz durante la noche en las ciudades puede tener alguna influencia en la aparición de estos dos tipos de cáncer”, declara Manolis Kogevinas, investigador de ISGlobal y coordinador del estudio. “Sabemos que en función de su intensidad y longitud de onda, la luz nocturna, y en especial la luz de espectro azul, puede disminuir la producción y secreción de melatonina”, afirma Martin Aubé, profesor de física en el CÉGEP de Sherbrooke (Canadá) y coautor del estudio. La investigación se ha realizado en el marco del proyecto MCC-Spain, cofinanciado por el Consorcio de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), y ha contado con datos médicos y epidemiológicos de más de cuatro mil personas de entre veinte y ochenta y cinco años de once comunidades autónomas españolas. La información sobre la exposición noc-

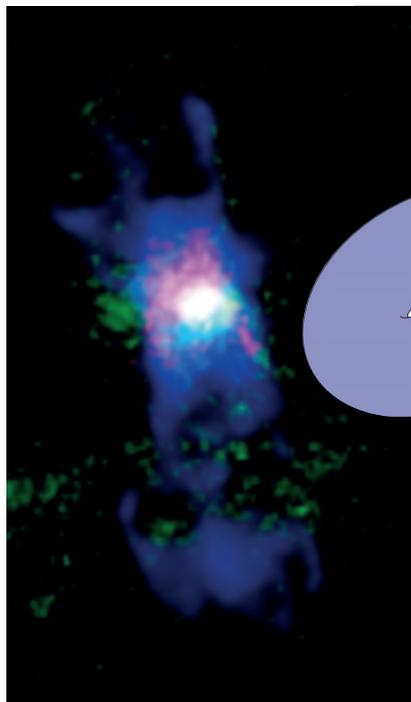
turna a la luz artificial en el interior se recopiló mediante entrevistas personales, mientras que los niveles de luz exterior solo se evaluaron en Madrid y Barcelona, las únicas ciudades de las que se pudo obtener imágenes nocturnas tomadas por los astronautas de la Estación Espacial Internacional (ISS). En los resultados obtenidos en ambas ciudades se observó que los participantes expuestos a niveles más altos de luz azul tuvieron entre 1,5 y 2 veces más riesgo de sufrir cáncer de mama y de próstata, respectivamente, comparado con la población menos expuesta. Ariadna García, investigadora de ISGlobal y primera autora del estudio, afirma: “Dada la ubicuidad de la luz artificial nocturna, determinar si incrementa o no el riesgo de cáncer es un asunto de salud pública. Llegados a este punto, es necesario realizar estudios adicionales que puedan disponer de más datos individuales utilizando por ejemplo sensores de luz, para medir los niveles de luz en espacios interiores. Sería también importante

llevar a cabo esta investigación en personas jóvenes que utilicen extensamente pantallas que emiten luz de espectro azul”.

“Actualmente las imágenes tomadas por los astronautas de la Estación Espacial son nuestra única manera de conocer a gran escala el color del alumbrado exterior y el avance en la aplicación de los LED blancos que emiten luz en el espectro azul en nuestras ciudades”, comenta Alejandro Sánchez de Miguel, científico del Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC y la Universidad de Exeter que participa en el estudio. “Esta es la primera vez que se utilizan imágenes calibradas de la ISS para estudios epidemiológicos. Esto ha sido posible en parte gracias al trabajo realizado en el proyecto ORISON, desarrollado en el Instituto de Astrofísica de Andalucía para estudiar el potencial de la teledetección nocturna con cámaras comerciales. Sin la contribución de los voluntarios del proyecto *Cities at Night*, en el que participa el IAA, no habría sido posible localizar las mejores imágenes de Madrid y Barcelona que conforman este estudio”, concluye Sánchez de Miguel (IAA-CSIC/U.Exeter).

Se detecta, en la galaxia Arp 299–A, un gigantesco flujo de gas generado por numerosas explosiones de supernova

La galaxia Arp 299–A, que se halla en proceso de fusión con otra galaxia (Arp299–B), destaca por sus intensos brotes de formación estelar y por su alta tasa de producción de supernovas. Nuevas observaciones en radio han permitido detectar una estructura filamentosa que emana del núcleo, que se interpreta como un flujo de gas a alta velocidad



A la izquierda, imagen del flujo de gas que emerge de las regiones centrales de Arp 299–A. Superpuesto a la derecha, gráfico que señala la posición y orientación del disco de la galaxia.



interaccionan con el medio circundante”.

De hecho, uno de los rasgos más interesantes de esta galaxia es, precisamente, su alta tasa de producción de supernovas, resultado de la muerte de estrellas con más de ocho veces la masa del Sol: si en una galaxia como la Vía Láctea se espera una

supernova cada cincuenta años, se estima que en Arp 299-A se produce alrededor de una por año.

Un descubrimiento inesperado

Sin embargo, el hallazgo de un flujo de material de enormes dimensiones, que se extiende más de nueve mil años luz

y libera un mínimo de diez masas solares por año a una velocidad de entre 370 y 890 kilómetros por segundo, ha supuesto una sorpresa.

El grupo de investigadores trabajó con los dos posibles mecanismos que podrían activar un flujo semejante: el agujero negro supermasivo del núcleo de la galaxia, que genera energía acumulando material en un disco a su alrededor, o la actividad generada por las estrellas, sobre todo por las explosiones de supernova.

Los cálculos apuntan a este segundo mecanismo, ya que la actividad que suman las supernovas supone una energía diez veces mayor que la que genera el sistema compuesto por el agujero negro supermasivo central y su disco de acrecimiento, cuya orientación tampoco encaja con la observada en el flujo de material.

“Se trata del primer trabajo liderado por investigadores españoles con la red de radiotelescopios LOFAR, y constituye un logro para el instrumento ya que se presenta como una herramienta para estudiar estructuras de este tipo, muy difíciles de observar en otras longitudes de onda”, concluye Naím Ramírez-Olivencia (IAA-CSIC).

S.L.L (IAA)

► Un grupo internacional de astrónomos, encabezado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha detectado, gracias a observaciones con la red de radiotelescopios LOFAR, un enorme flujo de material que emerge de las regiones centrales de Arp 299-A, una galaxia en proceso de fusión.

“En el IAA llevamos años investigando

esta galaxia, que debido a la interacción con la galaxia compañera está generando brotes de formación de estrellas -apunta Naím Ramírez-Olivencia, investigadora del IAA que lidera el estudio-. Es, por tanto, un entorno muy interesante porque nos permite estudiar casi en tiempo real cómo las estrellas nacen, mueren e

El IAA, única institución española que participa en JUICE (ESA), culmina la fase de ingeniería de su contribución

JUICE estudiará Júpiter y sus lunas para analizar las posibilidades del desarrollo de la vida alrededor de los planetas gigantes gaseosos

► El Instituto de Astrofísica de Andalucía es la única institución española que contribuirá tecnológica y científicamente a la misión JUICE (*Jupiter Icy moons Explorer*), de la Agencia

Espacial Europea, que partirá en 2022 rumbo a Júpiter para estudiar sus características y las de sus principales satélites. La primera fase de desarrollo tecnológico culminaba en mayo, con la

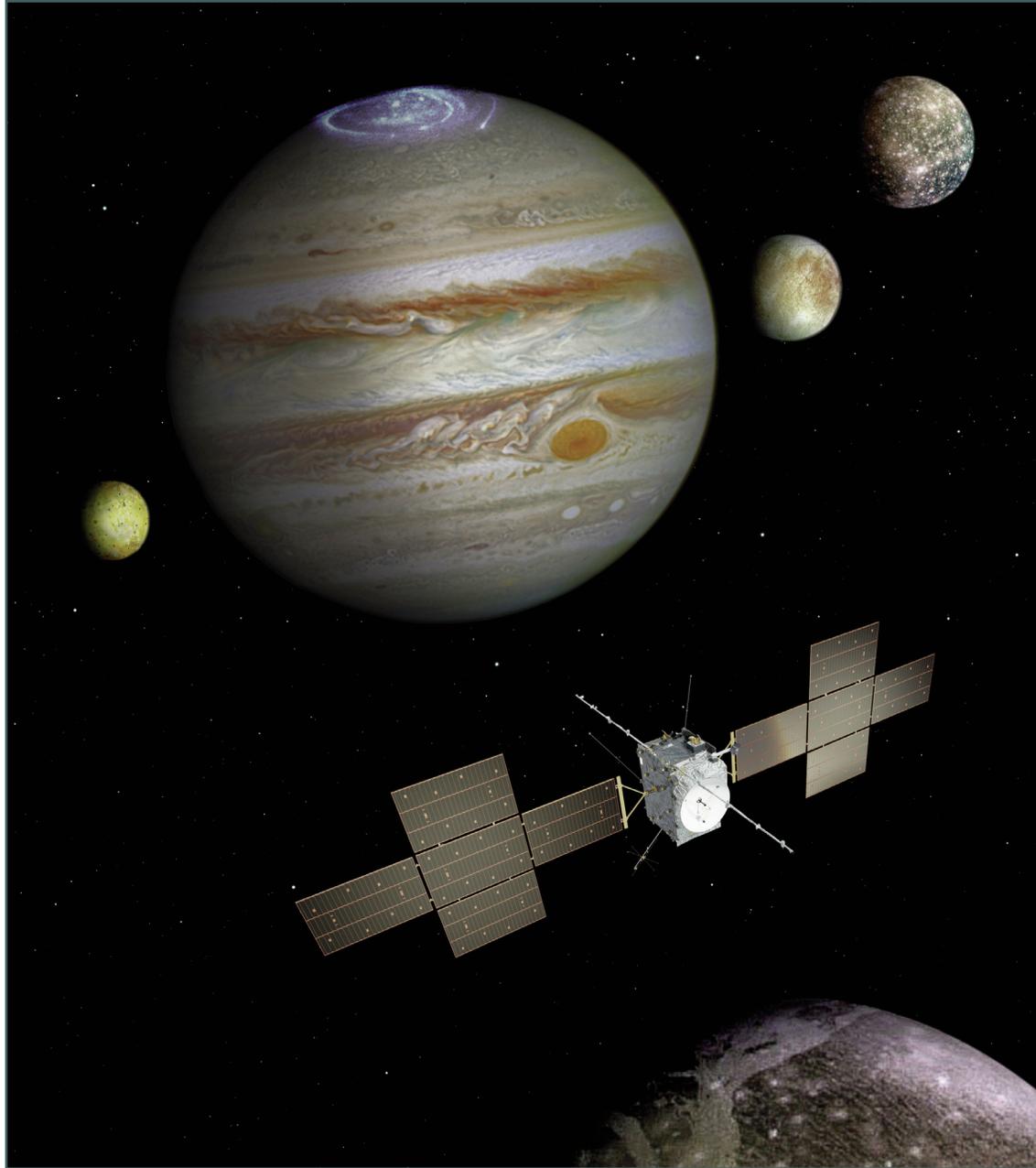
entrega de los modelos de ingeniería diseñados para la misión.

“Formamos parte de los consorcios internacionales que construyen dos de los instrumentos de la misión, la cámara JANUS y el altímetro GALA, que trabajarán de forma complementaria para estudiar la superficie y el interior de los satélites. JANUS analizará

además la atmósfera del planeta y obtendrá datos complementarios con los de otros instrumentos de la misión”, indica Luisa Lara, investigadora del IAA que participa en la misión.

La revolución de los satélites galileanos

Júpiter cuenta con más de sesenta



satélites conocidos, entre los que destacan los cuatro satélites galileanos, nombrados en honor a Galileo, su descubridor. Se trata de Ío, Europa, Ganímedes y Calisto que, junto con el tenue anillo de Júpiter y un trío de lunas pequeñas (Amaltea, Metis y Tebe), forman un mini sistema solar en toda regla, con órbitas circulares y planas con respecto al ecuador del planeta.

El hallazgo de estas cuatro grandes lunas girando en torno a Júpiter supuso el inicio de la revolución copernicana, que derrocó la creencia de que la Tierra era el centro del universo. En la actualidad, el estudio de estas lunas puede suponer también una revolución, ya que han puesto en jaque el concepto de habitabilidad, antes solo aplicable a planetas en función de su capacidad para albergar agua líquida: tres de estas lunas, Europa, Ganímedes y Calisto, muestran indicios de albergar océanos bajo su superficie.

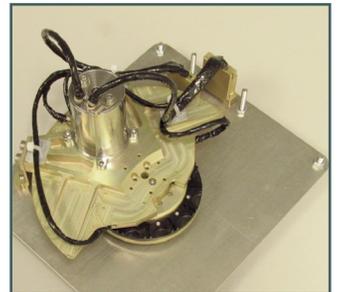
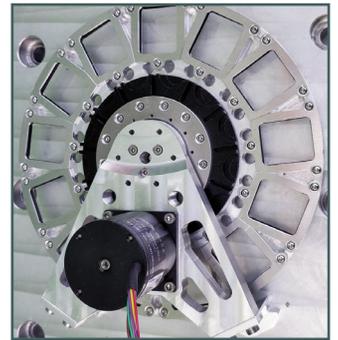
Así, el sistema compuesto por Júpiter y sus lunas se ha convertido en un objetivo claro para el estudio de entornos habitables. La misión JUICE estudiará, a lo largo de tres años, la turbulenta atmósfera y la magnetosfera del planeta, así como la superficie de Europa, enfocada en la búsqueda de moléculas orgánicas, para centrarse finalmente en Ganímedes, un satélite mayor que Mercurio y el único del Sistema Solar con un campo magnético propio.

El altísimo interés de este sistema lleva asociado un desafío tecnológico similar. "El gran reto tecnológico de la misión supone altas restricciones en dos vertientes: por una parte, ningún instrumento debe contaminar electromagnéticamente el instrumento J-MAG, que medirá el débil campo magnético de Ganímedes, posiblemente originado por un océano de agua líquida salada en su subsuperficie. Por otra, el entorno de Júpiter es altamente nocivo para los componentes electró-

nicos de los experimentos y los paneles solares del satélite, lo que nos ha obligado a diseñar los instrumentos con dispositivos electrónicos capaces de sobrevivir a niveles muy elevados de radiación", señala Lara (IAA-CSIC). En el IAA se ha diseñado íntegramente la rueda de filtros de la cámara JANUS, y ha llevado a cabo la construcción del modelo de ingeniería (724 gramos y 142 milímetros de diámetro). Las imágenes muestran el modelo de integración (dcha) y el de ingeniería de la rueda de filtros (izda). En el modelo de integración se observa mejor el disco portafiltras, mientras que el de ingeniería muestra también una "aleta" que protege los filtros frente a las partículas energéticas en el entorno joviano.

Participación española

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) forma parte de los consorcios internacionales que construyen dos de los instrumentos que forman



En el IAA se ha diseñado íntegramente la rueda de filtros de la cámara JANUS, y ha llevado a cabo la construcción del modelo de ingeniería (724 gramos y 142 milímetros de diámetro). Las imágenes muestran el modelo de integración (arriba) y el de ingeniería de la rueda de filtros (debajo). En el modelo de integración se observa mejor el disco portafiltras, mientras que el de ingeniería muestra también una "aleta" que protege los filtros frente a las partículas energéticas en el entorno joviano.

parte del paquete de instrumentación geodésica de JUICE: la cámara en el visible de media-alta resolución espacial JANUS (liderada por Italia) y el altímetro láser GALA (liderado por Alemania).

El IAA ha desarrollado la fuente de alimentación de ambos instrumentos, así como la rueda de filtros, diseñada y fabricada íntegramente en el IAA, y la electrónica de control de la cámara JANUS. "Todos los ensayos eléctricos y mecánicos se han realizado con éxito y los modelos están listos para entregarse a la Agencia Espacial Alemana en el caso de GALA, y a la empresa Leonardo contratada por la Agencia Espacial Italiana en el caso de JANUS. Pero esto es solo el principio", concluye Lara (IAA-CSIC).

EQUIPO JUICE EN EL IAA:

J.M. Castro, M.L. Herranz, F. Alvarez, I. Bustamante, A.J. García-Segura, P.J. Gutiérrez, J. Jiménez, I. Martínez-Navajas, J. Rodrigo, R. Rodrigo y L. M. Lara.

S.L.L (IAA)

Resolver el misterio de la energía oscura: una nueva misión para un telescopio de cuarenta y cinco años

El telescopio Mayall, situado en el observatorio nacional de Kitt Peak (Arizona), se prepara para alojar a DESI, un instrumento para el estudio de la energía oscura y el universo a gran escala en el que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía

► Hace cuarenta y cinco años, un telescopio alojado dentro de una cúpula de catorce plantas y quinientas toneladas observó el cielo nocturno por primera vez y registró sus observaciones en placas fotográficas de vidrio. Hoy, ese telescopio de cuatro metros, el Nicholas U. Mayall situado en el observatorio de Kitt Peak (Arizona), cierra su cúpula para prepararse para desempeñar un nuevo papel en su historial científico: la creación del mapa tridimensional más grande del universo, que podría ayudar a resolver el misterio de la energía oscura, responsable de la expansión acelerada del universo.

Este cierre temporal del telescopio pone en marcha la construcción de la infraestructura necesaria para la instalación de DESI (siglas en inglés de Instrumento Espectroscópico para la Energía Oscura), un instrumento que comenzará en 2019 una campaña de observación de cinco años y que revelará cómo la energía oscura y la gravedad han competido a lo largo del tiempo, desde el origen del universo, para configurar cómo se agrupan las galaxias y la materia oscura a gran escala.

"Este día marca un hito enorme para nosotros. Ahora retiramos el equipo viejo y comenzamos el proceso de un año para instalar DESI", señala Michael Levi (Berkeley Lab), director del proyecto. DESI es fruto de una colaboración internacional formada por



Arriba, detalle de uno de los robots. Dcha: el primero de los diez pétalos en forma de cuña para el proyecto DESI. Fuente: colaboración DESI.



más de cuatrocientos físicos y astrónomos coordinada desde el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL, California), y en la que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Un instrumento con cinco mil ojos

DESI utilizará un conjunto de cinco mil robots giratorios, cuidadosamente coreografiados para apuntar su cable de fibra óptica a una secuencia programada de objetos del espacio profundo, que incluye millones de galaxias y cuásares (galaxias que albergan agujeros negros supermasivos en sus núcleos). Los cables de fibra óptica transportarán la luz de estos objetos a diez espectrógrafos, que medirán sus propiedades y ayudarán a identificar la distancia de los objetos y la velocidad a la que se alejan de nosotros. Las

observaciones de DESI proporcionarán una mirada profunda al universo primitivo, hasta hace unos once mil millones de años.

Después de una exposición de veinte minutos, el telescopio apuntará a una nueva porción del cielo, y en menos de un minuto los robots rotarán y cambiarán de posición las miles de fibras ópticas para tomar una nueva exposición. Esta secuencia se repetirá durante toda una noche de observación durante los cinco años de operación de DESI en el telescopio Mayall.

DESI escaneará un tercio del cielo y obtendrá cerca de diez veces más datos que su predecesor, el cartografiado BOSS (acrónimo en inglés de Sondeo Espectroscópico de Oscilaciones Bariónicas), basado en una secuencia de placas de metal, con fibras conectadas a mano en agujeros perforados para observar los objetos.

Además de proporcionar nuevos datos sobre la expansión y la estructura a gran escala del universo, DESI ayudará a establecer límites a las teorías alternativas a la relatividad general y permitirá conocer en detalle los procesos de formación de la estructura del universo, e incluso podría proporcionar nuevas medidas de la masa de los neutrinos, un tipo de partículas subatómicas abundantes y muy evasivas. Se espera que la instalación de los componentes de DESI concluya en abril de 2019, con las primeras observaciones científicas planeadas para septiembre de 2019.

Participación española

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) participa en DESI desde el inicio del proyecto en 2010. "Hemos liderado el diseño y construcción de un prototipo para el desarrollo de los robots posicionadores de fibra óptica, capaces de alcanzar una precisión de una micra, un tamaño entre diez y veinte veces menor que el de una célula" señala Francisco Prada, investigador del IAA y responsable del grupo regional Granada-Madrid-Tenerife que participa en la colaboración DESI. "Este desarrollo instrumental ha constituido todo un hito para nuestro país, donde hemos competido al máximo nivel e involucrado a empresas españolas", añade.

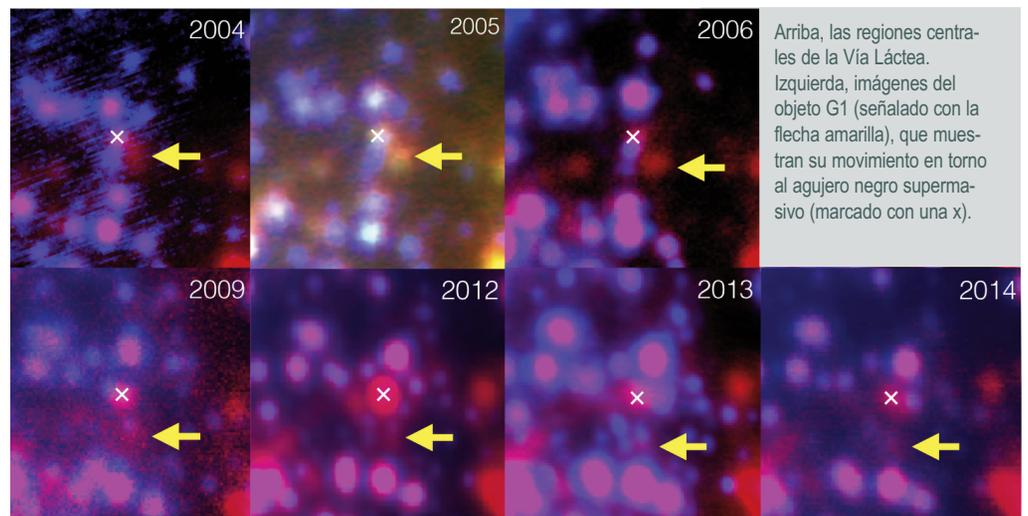
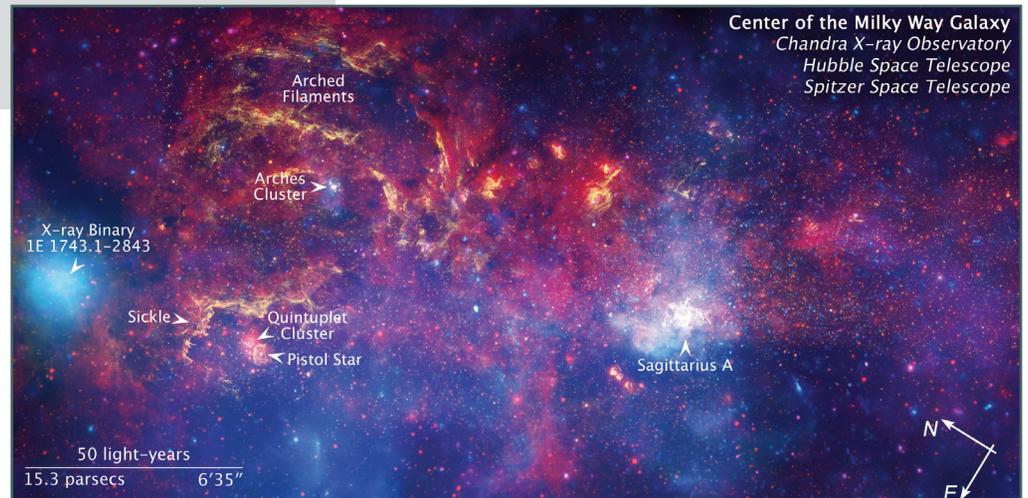
El grupo Granada-Madrid-Tenerife (GMT) que participa en la Colaboración DESI está formado por un equipo multidisciplinar de científicos, ingenieros y tecnólogos que ha colaborado estrechamente con empresas en España y Europa para afrontar el desafío que ha supuesto el desarrollo del robot posicionador de fibras ópticas y la placa focal para el instrumento DESI. Está liderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y participan la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid, el Instituto de Física Teórica UAM-CSIC y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Los extraños objetos del centro de nuestra galaxia: nubes de gas que se comportan como estrellas

Podría tratarse de estrellas "hinchadas" por las condiciones de gravedad extremas en torno a Sagitario A*, el agujero negro supermasivo del centro galáctico. Se han presentado los resultados obtenidos sobre tres de estos objetos tras once años de observaciones con el telescopio Keck (Hawaii)

► El centro de nuestra galaxia constituye un entorno extremo, y no solo por Sagitario A*, el agujero negro supermasivo central, sino también porque la densidad de estrellas en la región central puede alcanzar los diez millones de veces la de la vecindad solar. Un grupo internacional de astrónomos, en el que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha presentado sus resultados sobre un extraño grupo de objetos que parecen hallarse a mitad de camino entre las estrellas y las nubes de gas.

“Comenzamos este proyecto pensando que si analizábamos cuidadosamente la complicada estructura de gas y polvo cerca del agujero negro supermasivo de la Vía Láctea podríamos detectar algunos cambios sutiles en su forma y la velocidad. Para nuestra sorpresa, detectamos varios objetos que tienen movimientos y características muy distintos, que los ubican en la clase de objetos G, u objetos estelares polvorientos”, indica Anna Ciurlo, investigadora de la Universidad de California (UCLA) que encabeza el proyecto. Estos tres nuevos objetos -denominados G3, G4 y G5-, que se mueven extremadamente rápido y cerca del agujero negro, resultan intere-



Arriba, las regiones centrales de la Vía Láctea. Izquierda, imágenes del objeto G1 (señalado con la flecha amarilla), que muestran su movimiento en torno al agujero negro supermasivo (marcado con una x).

santes porque se parecen a G1 y G2, hallados respectivamente en 2004 y 2012. “Se pensó que G1 y G2 eran nubes de gas hasta que tuvieron su máxima aproximación al agujero negro y, contra todo pronóstico, no fueron destruidos. Por esta razón se concluyó, en trabajos anteriores, que eran estrellas recubiertas de densas envolturas de gas y polvo”, apunta Rainer Schödel, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participa en el proyecto. Se cree que estos objetos G constituyen estrellas *hinchadas*, o estrellas que, debido a las fuerzas de marea del agujero negro, liberan materia de sus atmósferas pero que

conservan un núcleo estelar intacto. “La pregunta es, entonces, ¿por qué son tan grandes?”, cuestiona Anna Ciurlo (UCLA). El grupo de investigadores cree que estos objetos G son el resultado de fusiones estelares, donde dos estrellas que giran alrededor de un centro común (conocidas como estrellas binarias) chocan y se fusionan debido a la influencia gravitatoria de Sagitario A*. A raíz de ello, el objeto resultante se hallaría *inflado* durante un largo periodo de tiempo, de hasta un millón de años, antes de establecerse y adquirir el aspecto de una estrella normal. Los astrónomos seguirán la evolución dinámica de estos objetos, y

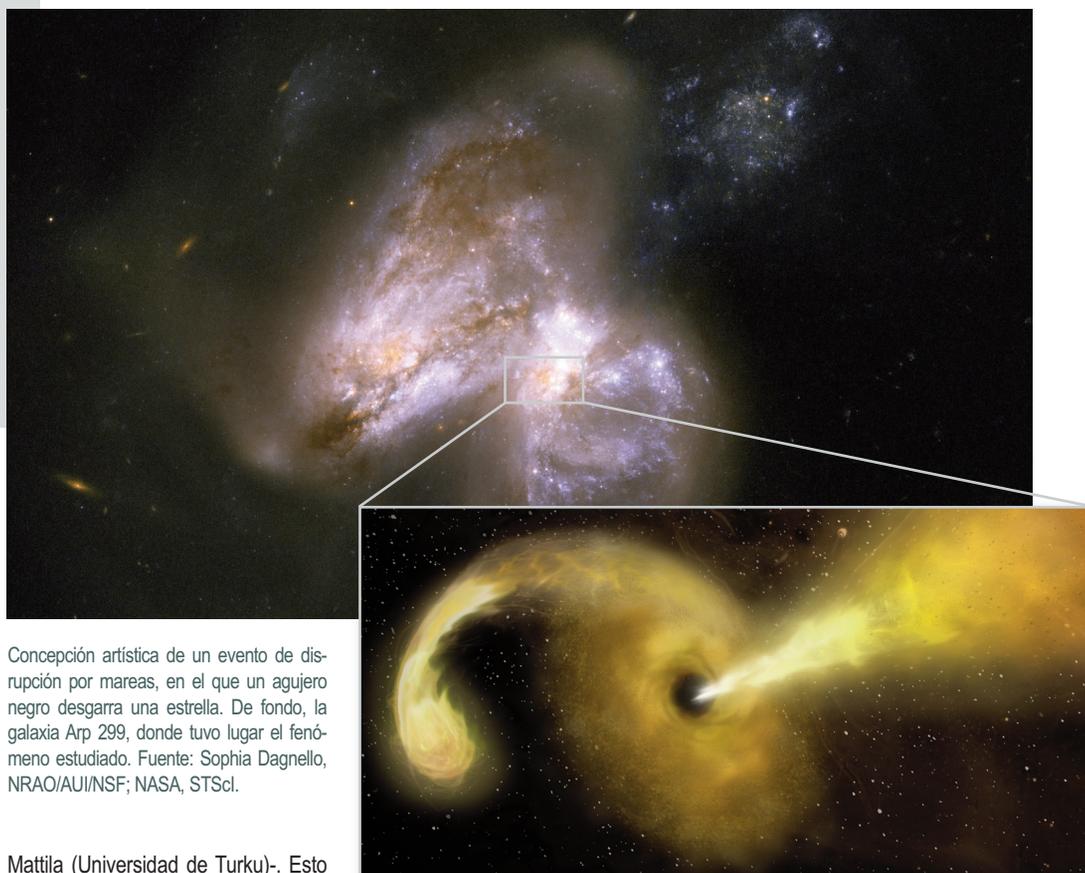
prestarán especial atención durante su máximo acercamiento al agujero negro supermasivo, que desvelará su naturaleza de manera definitiva. “Este hallazgo muestra que, a pesar de décadas de estudio, el entorno del agujero negro supermasivo del centro de la Vía Láctea puede seguir sorprendiéndonos”, concluye Schödel (IAA-CSIC).

Esta investigación es fruto de una colaboración entre Randy Campbell (W. M. Keck Observatory), Anna Ciurlo, Mark Morris y Andrea Ghez (Grupo del Centro Galáctico de la Universidad de California, UCLA) y Rainer Schödel (Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC).

Observan la erupción producida por un agujero negro al desgarrar una estrella

Se fotografía, por primera vez, la formación y expansión de un chorro de material expulsado por un agujero negro supermasivo tras destruir una estrella

► En enero de 2005 se detectaba, en el núcleo de la galaxia en proceso de fusión Arp 299-B, un brillante destello que se consideró una explosión supernova. Sin embargo, diez años de observaciones en distintas longitudes de onda han permitido presenciar cómo la región luminosa se alargaba y expandía, y concluir que se trata de un chorro de material expulsado por el agujero negro supermasivo central de la galaxia tras desgarrar una estrella. Los resultados se publicaron en la revista *Science*.



Concepción artística de un evento de disrupción por mareas, en el que un agujero negro desgarrar una estrella. De fondo, la galaxia Arp 299, donde tuvo lugar el fenómeno estudiado. Fuente: Sophia Dagnello, NRAO/AUI/NSF; NASA, STScI.

Cuando las estrellas se rompen

Según los modelos teóricos, en los eventos de disrupción por mareas, en los que un agujero negro destruye una estrella, la mitad de la masa de la estrella es expulsada al espacio, en tanto que la otra mitad es absorbida por el agujero negro supermasivo. La súbita inyección de material produce un brillante destello (visible en rayos gamma, rayos X y óptico), seguido de emisiones transitorias en radio y de la formación de un chorro de material que se mueve a velocidades muy cercanas a la de la luz.

“Hasta la fecha solo se han detectado unos pocos, pero hasta ahora nunca se había podido observar directamente la formación y evolución de un chorro a raíz de ellos”, apunta Miguel Pérez-Torres, investigador del IAA que lidera el trabajo junto con Seppo Mattila, de la Universidad de Turku (Finlandia).

“Con el paso del tiempo, el nuevo objeto se mantuvo brillante en las longitudes de onda infrarroja y de radio, pero no en las longitudes de onda visibles y de rayos X -apunta Seppo

Mattila (Universidad de Turku)-. Esto se debe, probablemente, a que el polvo denso presente en el centro de la galaxia absorbió los rayos X y la luz visible y lo irradió como infrarrojo”.

Los investigadores utilizaron el Telescopio Nórdico (NOT) en las Islas Canarias y el telescopio espacial Spitzer (NASA) para observar el objeto en el infrarrojo, y realizaron observaciones continuas con múltiples radiotelescopios, entre ellos la red europea de VLBI (EVN) y el VLBA (*Very Long Baseline Array*), que combina antenas separadas miles de kilómetros y logra una resolución equivalente a la que tendría un telescopio con el diámetro de la tierra.

Gracias a este seguimiento pudieron presenciar cómo el destello inicial se expandía en una dirección, tal como se esperaría para un chorro, a una velocidad de unos 75.000 kilómetros por segundo, un cuarto de la velocidad de la luz. Así pudieron descartarse otros posibles escenarios para el fenómeno, como el de la explosión de supernova, y afirmar el más probable: el agujero negro supermasivo de

Arp 299-B, con unos veinte millones de masas solares, había desgarrado una estrella con entre dos y seis veces la masa del Sol.

Los agujeros negros dormidos

La mayoría de las galaxias albergan en sus regiones centrales agujeros negros supermasivos, que contienen hasta miles de millones de veces la masa del Sol. Se trata de objetos con un campo gravitatorio tan intenso que ni la luz puede escapar, y muestran una estructura típica compuesta por un disco de gas y polvo -el disco de acrecimiento-, que absorbe el material de su entorno, y un par de chorros de partículas a alta velocidad que emergen de los polos.

“Gran parte del tiempo, sin embargo, los agujeros negros supermasivos no devoran nada”, explica Pérez-Torres (IAA-CSIC). “Así, los eventos de disrupción por mareas pueden brindarnos una oportunidad única para estu-

diar la vecindad de estos poderosos objetos. Antes de este evento no sabíamos dónde estaba exactamente el agujero negro en la región central de esta estrella, ahora conocemos su ubicación exacta”, añade.

“Debido a que las regiones centrales de las galaxias contienen mucho polvo, que absorbe la luz en rayos X y óptico, es posible que estos sucesos sean mucho más habituales pero hayan pasado desapercibidos. El hallazgo en Arp 299-B podría ser la punta del iceberg, y muestra que si buscamos en infrarrojo o en radio podremos descubrir muchos más y aprender de ellos”, concluye Mattila (U. Turku).

Se cree que tales eventos fueron más comunes en el universo temprano, por lo que su estudio contribuye a entender el entorno en el que se desarrollaron las galaxias hace miles de millones de años.

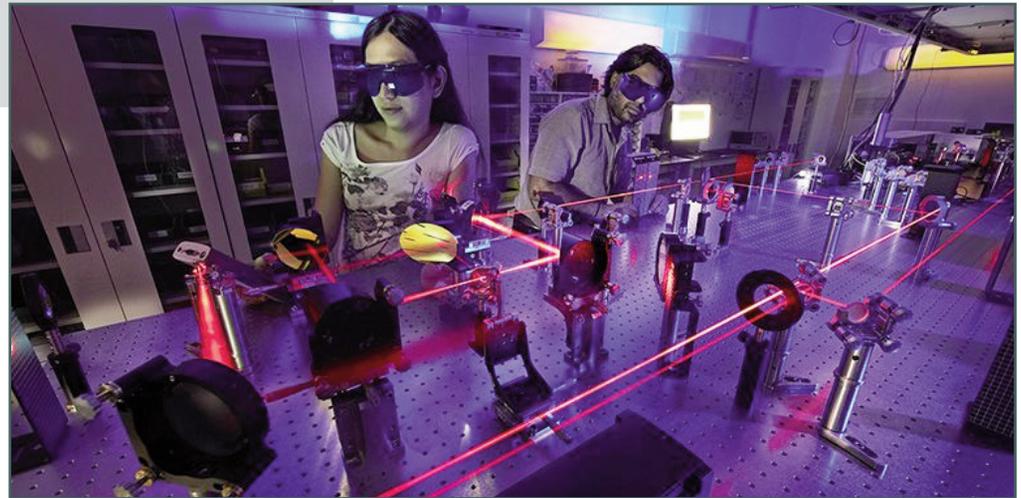
Silbia López de Lacalle (IAA)

Los beneficios de una ciencia más diversa

La diversidad como un elemento para realizar una investigación de calidad, imaginativa y productiva

► La revista *Nature*, una de las más prestigiosas a nivel internacional por el impacto y difusión de los contenidos científicos que publica, ha dedicado su editorial y algunos de sus artículos de uno de sus números del mes de junio de 2018 a la importancia de la diversidad y la inclusividad en los grupos de investigación y los centros científicos. Según se desprende de varias experiencias que se han llevado a cabo en centros de diferentes áreas y lugares, un aumento en el número de los miembros investigadores de grupos cuyo género, etnia o diversidad funcional está tradicionalmente por debajo de su representación real en la sociedad no solo conduce a niveles mayores de justicia social y ética, sino a mejores rendimientos e impacto de los resultados científicos entre la comunidad. Además, según *Nature* aquellos centros que están apostando por criterios de selección de personal y de concesión de ayudas a la investigación que trata de compensar este desequilibrio suponen una importante fuente de motivación para muchos jóvenes que por su situación nunca se habrían planteado iniciar una carrera investigadora en el ámbito de la ciencia o la ingeniería.

Entre las experiencias descritas por la revista se encuentra la del Instituto de Ciencia y Tecnología de Okinawa en Japón. Este centro, por cuya dirección han pasado varios premios Nobel, tiene como mandato el reclutamiento de estudiantes graduados provenientes de todos los países del mundo, usando únicamente criterios basados en el



talento, por lo que más de la mitad de sus estudiantes y postdocs vienen de fuera de Japón con una procedencia de todos los continentes. Esta diversidad de nacionalidades y culturas deviene en un enriquecimiento de perspectivas y maneras de afrontar los problemas que han llevado a este centro a estar entre los punteros en Japón, con índices de publicación de artículos y de citas más altos que la media. Este efecto de aumento de la productividad queda confirmado con diversos estudios sobre la métrica de las publicaciones a nivel mundial, que señalan que aquellos artículos con una mayor diversidad étnica y cultural entre sus autores tienen en promedio un mayor número de citas que aquellos cuya lista de autores es más homogénea.

Muchos institutos de investigación y universidades que son conscientes del enriquecimiento que supone la política de integración de personas más diversas entre sus miembros están aplicando estrategias para aumentar esta diversidad. Por ejemplo, Bryan Gaensler, director del Instituto de Astronomía y Astrofísica Dunlap de la Universidad de Toronto, afirma que desde que se ha cambiado la manera de seleccionar el personal en su centro el índice de

impacto de las publicaciones se ha duplicado. En los últimos siete años por lo menos la mitad de los miembros de los comités de selección pertenecen a colectivos subrepresentados y las condiciones de los trabajos ofertados no son tan duras para no desanimar a nadie a solicitarlos, sin que ello se traduzca en una selección no basada en criterios únicamente de mérito personal y académico. En ese mismo período el porcentaje de personas que trabajan en el instituto Dunlap y que pertenecen a colectivos que por su etnia, género, situación socioeconómica, condición sexual o diversidad funcional no estaban representados de manera proporcional a su presencia en la sociedad se ha multiplicado por ocho.

Otro ejemplo de gran sociedad científica que está apostando de manera firme por ampliar la diversidad y el rejuvenecimiento de su plantilla es la Agencia Espacial Europea. Más de dos tercios de la plantilla científica de la ESA se jubilará dentro de diez a quince años y sólo un 20% de esta plantilla son mujeres. Por este motivo, aprovechando la necesidad de una renovación profunda e inminente, la ESA ha cambiado radicalmente su filosofía para atraer a más mujeres y a más personas con diver-

sidad funcional, creando ambientes con menos barreras físicas y poniendo facilidades para que las mujeres jóvenes no encuentren dificultades con su maternidad cuando estén trabajando. Según la ESA esta diversidad intergeneracional también supondrá un aumento en la productividad de la agencia.

El cambio de mentalidad que supone para los evaluadores y los comités de selección de becas y contratos en los centros de investigación es lento y tiene que llegar aún a la mayoría de los sitios, pero los excepcionales resultados obtenidos por aquellos centros que han apostado de manera convencida por la integración de estos colectivos facilitará que se generalice en todo el mundo la aceptación de la diversidad como un elemento indispensable para realizar una investigación científica de mayor calidad, imaginación y productividad.

REFERENCIAS

(*Nature*, 6 junio 2018)

- *Science benefits from diversity*
- *These labs are remarkably diverse — here's why they're winning at science*
- *What does it take to make an institution more diverse*

Enrique Pérez Montero (IAA)

SALA limpia

por Miguel Abril (IAA)
mabril@iaa.es



la respuesta:

Ciborgs y exoesqueletos

En el último número nos quedamos sin espacio para la pregunta, y simplemente anunciábamos que íbamos a hablar de ciborgs y exoesqueletos. Pero, ¿qué es un ciborg? Según la RAE, que para los carrozas como yo sigue siendo la que manda, es un "ser formado por materia viva y dispositivos electrónicos". No entraría en esta categoría, por tanto, David Aguilar, un adolescente que nació manco por una malformación congénita y se hizo una prótesis de LEGO, porque solo incluye una parte mecánica. Si se curra una versión 2.0 con la serie *Mindstorms*, ya sí será un ciborg. En cualquier caso, merece la medalla de... no sé, como se llame la máxima condecoración del mundo mundial en la categoría 'Buscarse la Vida'.

Aprovecho la coyuntura para explicar cómo se inicia el proceso creativo de un escritor. Varía según el autor, por supuesto. Hay quien se sienta de ocho a tres, como un oficinista. Hay quien es más anárquico y no obedece a horarios. Hay quien duerme con una libreta en la mesilla de noche, por si le llega la inspiración en sueños. Mi proceso creativo se inicia tomando un par de cervicetas mientras hago zapping, con la esperanza de encontrar algo interesante. Y, mira por donde, esta vez... ¡me crucé con un programa de Samanta Villar sobre ciborgs! Queda así demostrado que eso de "cuando

lleguen las musas, que te pillen trabajando" es una tontería más grande que la Galaxia del Sombrero de un picador (estas ingeniosas analogías astronómicas valen su peso en oro en esta revista y son la razón por la que todavía no me han echado). El programa ya estaba empezado, es lo que tiene el zapping, y en principio me resultó un poco decepcionante, ya que se centraba en seguir durante un día a un *colgao* con una antena en la cabeza. El implante, que había bautizado como *eyeborg*, le permitía extender su percepción de los colores a través de vibraciones en el cráneo. Luego investigué y me enteré de que el colgao, que se llama Neil Harbisson, es el primer ser humano reconocido oficialmente como ciborg (le han autorizado incluso a salir en la foto de su documento de identidad con su antena), es el director de la Cyborg Foundation y sufre de acromatopsia, una disfunción que le hace ver el mundo en blanco y negro. Así que su *eyeborg* como intento de devolver el color a su vida en gris no me pareció una tontería tan grande. Mis disculpas, señor Harbisson. En el mismo reportaje la propia presentadora, conocida por su afición a hacer de conejillo de indias en sus programas, se implementaba un integrado que vibraba cuando se orientaba al norte magnético. Muy curioso, pero... ¿de verdad eso es todo lo que nos espera en el futuro? No, lamentablemente hay mucho más. No llegamos, de momento, a los poderes de

Cyborg, el personaje de los cómics de DC, que no necesita comer ni dormir, puede volar, tiene superfuerza, es capaz de interactuar con cualquier tecnología y sabe para qué sirven todos los botones de su mando a distancia, pero se han obtenido avances asombrosos. En el campo militar hay líneas de trabajo sorprendentes. La idea en la mayoría de los casos es controlar el movimiento de un animal y convertirlo en un nodo de transmisión de datos para conocer la posición del enemigo u otros parámetros útiles en el combate. Así, se han implantado chips electrónicos o se tiene proyecto de hacerlo, en (por orden de menos a más molón): cucarachas, ratas, palomas, polillas, escarabajos voladores, abejas, libélulas y... ¡CHA, CHAAAAAN! ¡TIBUORNES! ¿Puede haber algo más chulo que un tiburón con un chip en el cerebro para controlar sus movimientos? Por suerte, las investigaciones no se limitan al campo militar. Como casi siempre, la medicina es otra de las grandes beneficiadas. Una de las líneas de investigación es el control de las emociones. A través de la estimulación profunda de ciertas áreas neuronales mediante electrodos implantados en el cerebro se proyecta tratar

enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson o las depresiones. El siguiente paso sería evitar los estados seniles causados por el envejecimiento utilizando implantes electrónicos que activen la memoria y la inteligencia. Sin embargo, la línea de investigación que más se asocia con el término ciborg es el desarrollo de prótesis biomecánicas. El estadounidense Hugh Herr está convencido de que en menos de cincuenta años se habrá terminado con todas las incapacidades. Y sabe de lo que habla, no solo por ser el director del grupo de biomecatrónica del mítico MIT, sino porque empezó a trabajar en esto precisamente a raíz de un accidente de alpinismo en su juventud. Las rudimentarias prótesis que le pusieron le obligaban a abandonar su vida montañera, así que se puso manos a la obra y hoy camina y escala roca sobre extremidades biónicas de su propia creación. Mentes inquietas como la de Hugh Herr o la de David Aguilar son las que mueven el mundo, las que nos emocionan con su creatividad, tesón y trabajo, mientras el resto de mentes quietas nos tumbamos en el sofá a ver el Mundial. Pero es que está de emocionante...

la pregunta:

Vaya por dios, me he vuelto a quedar sin espacio. Podríamos dejar los exoesqueletos para el próximo número pero, una vez más, la actualidad manda, y tenemos que ocuparnos de una noticia que nos sorprendió a todos hace unas semanas: ¡tenemos un ministro astronauta! Y esto no podemos aplazarlo, porque

no sabemos cuánto tiempo va a aguantar el pobre en ese nido de víboras que es la política. Así que vamos a hablar de la exigente formación que reciben los astronautas, que los convierte en la opción ideal para cubrir casi cualquier puesto que uno se pueda imaginar. De momento, una pregunta: ¿cuánto tiempo se ha pasado Pedro Duque en el espacio?



Pedro Duque en su entrenamiento de doma de unicormios. Nada supera a un astronauta.

RESPUESTAS

- A) TRES SEMANAS.
- B) TRES MESES.
- C) DOSCIENTOS TRES DÍAS.
- D) LUNES Y MIÉRCOLES DE CINCO Y MEDIA A SIETE. ES UNA ACTIVIDAD EXTRAESCOLAR.



ESTE VERANO, SÚBETE A UN OBSERVATORIO

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) desea brindar a los ciudadanos la posibilidad de visitar el Observatorio de Sierra Nevada y la Radioantena de 30 metros durante este verano. Las actividades se realizarán en colaboración con el Albergue Universitario de Sierra

Nevada y Azimuth, empresa especializada en la enseñanza y divulgación de la ciencia, y en particular de la astronomía

Fechas y plazas:

14 y 21 de julio, 4 y 18 de agosto.
40 personas por día.

¿eres de radio o de óptico?
visitas al observatorio

www.iaa.csic.es/noticias/este-verano-subete-observatorio-1

EL RADIOSCOPIO

El Radioscopio es un programa de divulgación científica realizado y producido desde Canal Sur Radio en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Presentado y dirigido por Susana Escudero (RTVA) y Emilio J. García (IAA), este programa aborda la divulgación de la ciencia con humor y desde una perspectiva original y rigurosa.

<http://radioscopio.iaa.es>

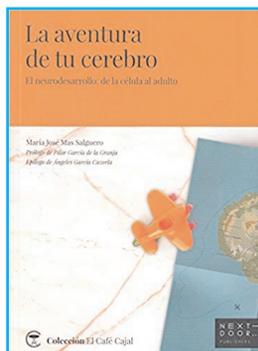
LIBROS DE DIVULGACIÓN. NUESTRAS RECOMENDACIONES

Cómo percibimos el mundo: Una exploración de la mente y los sentidos [Ignacio Morgado]

Esta obra nos sumerge en los secretos del cerebro. Explica el fenómeno de la consciencia, sus contenidos y los mecanismos cerebrales que lo hacen posible. Explora las características de los sentidos, muchas de ellas desconocidas, y describe el modo en que el cerebro recibe y procesa la información.

La aventura de tu cerebro [María José Mas]

Trata sobre el neurodesarrollo, la evolución que experimenta el cerebro desde la concepción hasta la edad adulta. La neuropediatra María José



Mas nos ayuda a entender mejor nuestros comportamientos durante la infancia y la adolescencia, nos lleva a través de los diferentes retos y aventuras que experimenta nuestro cerebro.

A ras de cielo

[David Galadí; fotografías de Juan Carlos Casado]

Este libro responde

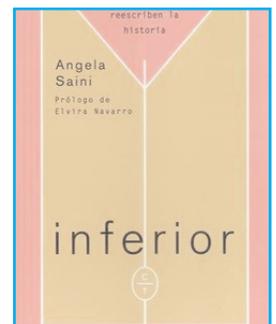
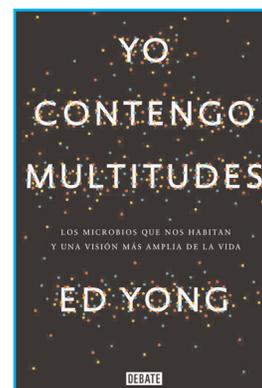
muchas de las preguntas que nos hacemos ante el cielo estrellado, como: ¿vemos estrellas que ya no existen? ¿Por qué el cielo de día es azul? ¿Por qué la Luna cuando sale se ve tan grande? ¿Cómo leer la hora en las estrellas? ¿Qué hacer para ver un eclipse, o la aurora boreal? ¿Por qué desde mi casa no se ve la Vía Láctea?

Yo contengo multitudes [Ed Yong]

El cuerpo humano alberga billones de microbios que conforman un mundo en simbiosis con su entorno. Estos microscópicos y multitudinarios compañeros vitales no solo moldean nuestros órganos, nos protegen de enfermeda-

des, e influyen en nuestro comportamiento, sino que resultan clave a la hora de entender el funcionamiento de la vida.

Ed Yong nos invita a mirarnos como algo más que individuos: como receptáculos interdependientes de los microbios que conforman todos los seres vivos.



Inferior

[Angela Saini]

Se desmonta una falsa verdad biológica: las féminas no son débiles, ni física ni mentalmente. Angela Saini indaga acerca de algunas de las creencias más arraigadas sobre hombres y mujeres con una perspectiva rigurosa y presenta nuevas investigaciones que están reescribiendo la historia.

CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden rellenar la solicitud en http://divulgacion.iaa.es/visitas_iaa