

IAA

72

FEBRERO DE 2024
revista.iaa.es

Información y actualidad astronómica

Revista de divulgación del Instituto de Astrofísica de Andalucía

El proyecto DUSTER



INSTITUTO DE
ASTROFÍSICA DE
ANDALUCÍA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



CSIC

*Imagen de la Luna, tomada
por la misión Galileo.
Crédito: NASA/JPL/USGS*

Comité de redacción: Emilio J. García, Manuel González, Celia Navas, Sebastiano de Franciscis, Sara Cazzoli, Gabriella Gilli, Rainer Schödel y Roberto Varas. **Edición, diseño y maquetación:** Silbia López de Lacalle y Celia Navas. **Contacto:** ucc@iaa.es

Este número ha contado con el apoyo económico de la Agencia Estatal de Investigación (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) a través de la acreditación de Centro de Excelencia Severo Ochoa para el Instituto de Astrofísica de Andalucía (SEV-2017-0709).

La página web de esta revista ha sido financiada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA).
Copyright: © 2018 CSIC. Esta es una revista de acceso abierto distribuida bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Instituto de Astrofísica de Andalucía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Excelencia Severo Ochoa

NIPO: 155-24-017-5
e-NIPO: 155-24-018-0
Depósito legal: GR-605/2000
ISSN: 1576-5598

SUMARIO

Proyecto DUSTER ...	3
ULIRGs: unas galaxias muy brillantes que no se ven ...	8
El Moby Dick de ... Gabriella Gilli (IAA-CSIC) ...	12
El consultorio astronómico de la doctora Aniceta Puppis ...	14
Historias ... El dolor no prescribe: la mandíbula de Mollie ...	15
Deconstrucción ... Estrella que brilla a través de un prisma: fotometría de colores ...	16
Actualidad ...	19
Pilares e Incertidumbres ... Mujeres en áreas STEM ...	22
Pequeñas miradas ... Vida a bordo de la Estación Espacial Internacional ...	23

Concepción artística de la misión EnVision.
Crédito: NASA/JAXA/ISAS/DARTS/
Damia Bouic/VR2Planets



La Agencia Espacial Europea aprueba la construcción de EnVision, la próxima gran misión a Venus

La Agencia Espacial Europea (ESA) ha aprobado la construcción e implementación de EnVision, una misión espacial cuyo objetivo es responder muchas de las preguntas actualmente abiertas sobre el planeta Venus.

La misión estudiará Venus desde su núcleo interno hasta su atmósfera superior y proporcionará datos fundamentales sobre su actividad volcánica y su clima, aspectos claves para entender cómo y cuándo este planeta se volvió tan inhóspito.

Su lanzamiento está previsto para 2031 en un cohete *Ariane 6* y, a principios de 2035, comenzará sus operaciones científicas.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) participa de manera significativa en uno de los cuatro instrumentos principales de la misión: el instrumento *VenSpec*, una suite conformada por tres espectrómetros (*U*, *H* y *M*) para observar en longitudes de onda desde el visible hasta infrarrojo cercano.

VenSpec-U permitirá analizar la

atmósfera del planeta por encima de su capa de nubes y *VenSpec-H* medirá las capas atmosféricas más próximas a la superficie del planeta, tanto los posibles gases volcánicos y su variabilidad como los aerosoles que componen las nubes de Venus. Por su parte, *VenSpec-M* será capaz de estimar la radiación térmica y las propiedades espectrales de la propia superficie del planeta.

El IAA-CSIC contribuye tanto en el desarrollo tecnológico como

en el retorno científico de la misión, siendo el responsable del módulo de suministro de potencia de *VenSpec-U* y *VenSpec-H*; así como del diseño y desarrollo de la unidad central de control de los tres canales.

Con *EnVision* se abre una nueva y prometedora etapa en la investigación de Venus, cuya atmósfera es un laboratorio natural para comprender mejor el efecto invernadero y cómo podría llegar a ser la evolución de nuestro planeta en el futuro.

<https://www.iaa.csic.es/noticias>

PROYECTO DUSTER

Estudiando el comportamiento del polvo lunar para preparar futuras misiones de exploración

MIENTRAS LAS AGENCIAS ESPACIALES SE PREPARAN PARA VOLVER A LA LUNA, CIENCIA E INGENIERÍA SE ENFRENTAN AL RETO DE MITIGAR UN IMPORTANTE RIESGO MEDIOAMBIENTAL: EL POLVO

Karolien Lefever, jefa del departamento de "Comunicación y Documentación" del Real Instituto Belga de Aeronomía Espacial (BIRA-IASB)

Sylvain Ranvier, científico del grupo de investigación "Acoplamiento magnetosferaiónosfera" del BIRA-IASB y coordinador del proyecto DUSTER

Rosario Sanz Mesa (gestora y divulgadora) y Julio Rodríguez Gómez (investigador principal en el IAA-CSIC, UDIT, IAA-CSIC)

Las partículas de polvo cargadas suponen un grave riesgo para la salud de la exploración humana y para los instrumentos espaciales.



Polvo flotando e iluminado por un rayo de luz solar. Crédito: Foto Istock

En la Tierra, este conglomerado de partículas diminutas, como ácaros, fibras, tierra y polen, se puede encontrar en todo tipo de superficies. Al sacudirlo, el polvo asentado puede quedar suspendido en el ambiente, y mientras algunos disfrutan viéndolo iluminado por la luz solar, otros simplemente se limitan a estornudar. Afortunadamente, podemos deshacernos fácilmente de él utilizando un paño o una aspiradora.

POLVO EN LA LUNA

Pero incluso más allá de la Tierra, el polvo puede resultar desagradable y molesto. Cuando los astronautas de las misiones *Apollo* regresaron de nuestro satélite, se dieron cuenta de que el polvo lunar adherido a sus trajes espaciales era el responsable de su irritación de garganta y de las lágrimas en sus ojos.

POLVO EN LA TIERRA

El polvo es omnipresente y puede llegar a ser una verdadera pesadilla.



Representación artística de un astronauta trabajando en la superficie lunar durante una futura misión Artemis. Crédito: NASA



El astronauta del Apolo 17 Harrison Schmitt recogiendo una muestra de suelo, con el traje espacial cubierto de polvo. Crédito: Imagen de la NASA AS17-145-22157

En la Luna, el polvo está compuesto por partículas diminutas, afiladas y abrasivas de roca lunar triturada en partículas más pequeñas debido al impacto de meteoritos y micrometeoritos. Cargadas electrostáticamente, estas partículas se adhieren a todas las superficies, desde los trajes espaciales hasta la electrónica y la óptica, e incluso pueden infiltrarse en los pulmones de los astronautas.

A diferencia de la Tierra, en la Luna no es tan sencillo deshacerse de estas partículas. A pesar de los intentos de las tripulaciones de barrer el polvo abrasivo y afilado de sus trajes espaciales con cepillos o manos, ninguno de los métodos resultó eficaz. La baja gravedad lunar - una sexta parte de la que tenemos en la Tierra - hace que las diminutas partículas permanezcan suspendidas durante más tiempo y puedan penetrar más profundamente en los pulmones.

La presencia de estas partículas cargadas, que también se encuentran en Marte, cometas y asteroides, plantea un verdadero desafío para las futuras misiones de exploración - tanto tripuladas como robóticas - a diferentes cuerpos del sistema solar, incluido nuestro satélite. Además de comprometer la salud de los astronautas por irritación e inhalación, el polvo lunar tiene muchos otros efectos perniciosos para los instrumentos, como el desgarro del traje espacial, el oscurecimiento de la visión externa por depositarse en las lentes de las cámaras y visores, falsas lecturas de los instrumentos, recubrimiento y contaminación por polvo, pérdida de tracción, obstrucción

de los mecanismos, abrasión, problemas de control térmico (radiadores sobrecalentados), fallos en las juntas y degradación de los paneles solares, entre otros.

DIFERENCIAS ENTRE EL SUELO TERRESTRE Y EL LUNAR

Aunque utilizamos la misma terminología, existen notables diferencias entre el suelo terrestre y el lunar. En la Tierra, el suelo se forma mediante procesos biológicos, físicos (erosión del agua y del viento) o químicos, mientras que el suelo lunar carece de materia orgánica y se forma estrictamente por trituración mecánica a partir de meteoroides y la interacción con el viento solar y otras partículas energéticas.

A diferencia de la Tierra, donde los guijarros se redondean con el tiempo debido a la exposición a elementos naturales, los suelos lunares no experimentan erosión significativa. Sin viento ni agua que desgasten sus bordes, los granos de suelo lunar permanecen extremadamente afilados y angulosos. Tan afilados como el cristal, pero finos como el polvo terrestre, estos granos pueden tener un tamaño inferior a 20 micras, lo que los hace extraordinariamente dañinos de maneras diferentes a como podemos observar en la Tierra.

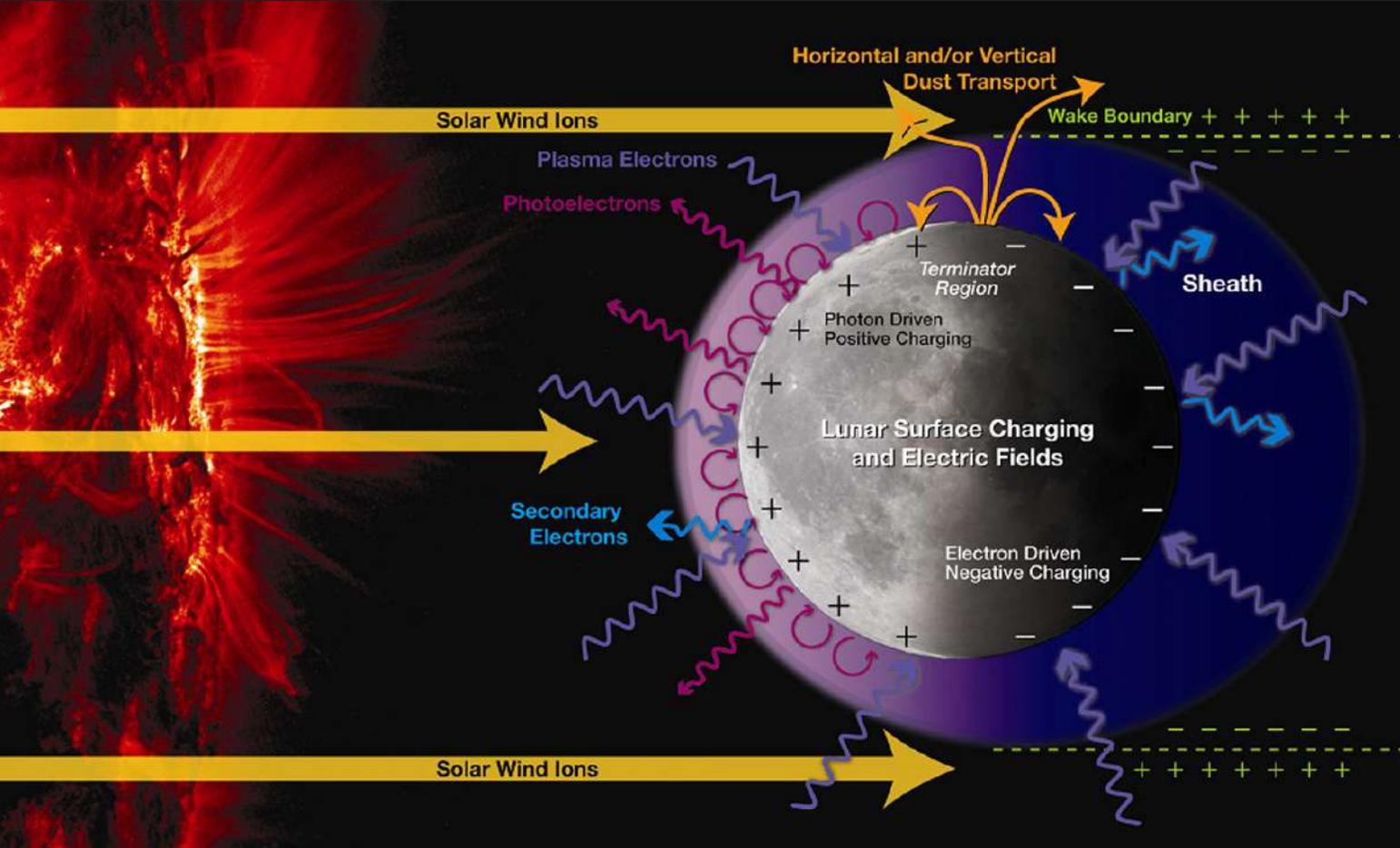
Otra diferencia con la Tierra es que el polvo lunar no está compactado. Cualquier actividad en la superficie puede levantar grandes

En la Luna, el polvo está compuesto por partículas diminutas, afiladas y abrasivas de roca lunar triturada en partículas más pequeñas debido al impacto de meteoritos y micrometeoritos

cantidades, incluso sin astronautas caminando por su superficie o sin un módulo lunar posándose en su suelo. Se han observado partículas y nubes de polvo flotando desde varios centímetros hasta metros por encima de la superficie, a pesar de la ausencia de viento o agua que provoque tal comportamiento. En la Luna, incluso partículas diminutas pueden transportarse a grandes distancias. Esta actividad del polvo lunar se atribuye a fuerzas electrostáticas. Fenómenos similares podrían producirse en otros cuerpos sin atmósfera, como cometas o asteroides.



Cuando la misión Apolo orbitó la cara oculta de la Luna, vio un arco de luz increíblemente brillante que brillaba en el horizonte justo después de la puesta de sol. El punto brillante de la parte superior es el planeta Venus. Crédito: NASA



Varios fenómenos de carga de polvo en la Luna. Crédito: NASA

LA CARGA DEL POLVO

El polvo lunar puede presentar aspectos y comportamientos diferentes según su ubicación en la superficie con respecto a la posición del Sol.

Por ejemplo, la cara diurna de la Luna está expuesta a la radiación solar, que en el rango del ultravioleta (UV) y de los rayos X provoca la fotoemisión de electrones. Esto genera una ligera carga eléctrica positiva en el polvo de esta cara de la Luna, con un potencial de aproximadamente 10 V, lo que hace que se adhiera a todo tipo de superficies, de manera similar a como ocurre con la electricidad estática en la Tierra.

Por el contrario, en el lado nocturno, la superficie solo está influenciada por un entorno de plasma. La carga eléctrica principal de los granos de polvo se origina debido a la captación de electrones de dicho plasma, parcialmente mitigada por la emisión de electrones secundarios de la superficie. Esta emisión presenta un potencial negativo estimado entre -100 V y -200 V fuera de la magnetosfera lunar.

Cerca del terminador, la región que divide la zona iluminada por el sol de la sombreada, se producen fuertes campos eléctricos debido a la rápida transición de potenciales positivos a negativos. Las estructuras de mediana o pequeña escala, como cráteres o rocas, pueden amplificar este comportamiento. Este campo eléctrico podría ser la causa de la levitación electrostática y del transporte horizontal de los granos de polvo lunar, lo que conduciría a una deposición neta de polvo desde el hemisferio oscuro hacia el iluminado por el sol.

EL PROYECTO DUSTER

Mientras agencias espaciales como la NASA se preparan para volver a la Luna, equipos internacionales de ciencia e ingeniería investigan a fondo las propiedades físicas del polvo lunar cercano a la superficie, con el fin de evaluar los riesgos de contaminación por dichos granos de polvo y encontrar formas de mitigar eficazmente sus peligros.

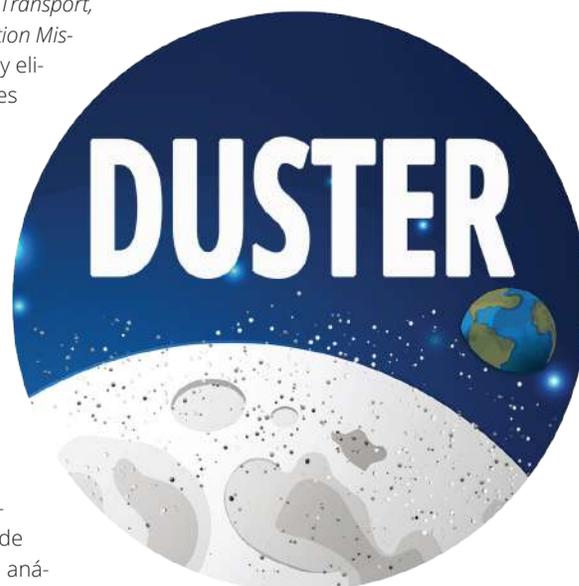
Un equipo dirigido por el Real Instituto Belga de Aeronomía Espacial (BIRA-IASB) ha unido esfuerzos con ONERA, el Laboratorio Aeroespacial Francés (Francia); el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC, España) y Thales Alenia Space - España (TAS-E, España) en el proyecto 'Horizon Europe DUSTER'.

DUSTER, acrónimo de 'Dust Study, Transport, and Electrostatic Removal for Exploration Missions' (Estudio del polvo, transporte y eliminación electrostática para misiones de exploración), tiene como objetivo principal estudiar la carga electrostática y la adherencia de los granos de polvo en el regolito lunar, la fina capa de polvo que cubre la superficie de nuestro satélite.

Este estudio es crucial para comprender el transporte de los granos de polvo en la superficie de cuerpos sin fenómenos atmosféricos. A partir de experimentos en laboratorio, *DUSTER* desarrollará un modelo de ingeniería de un instrumento capaz de realizar el análisis de estos fenómenos.

***DUSTER* tiene como objetivo principal estudiar la carga electrostática y la adherencia de los granos de polvo en el regolito lunar**

Además, buscará generar la tecnología necesaria para mover electrostáticamente los granos de polvo de forma controlada, dando así un primer paso hacia un dispositivo para la limpieza de superficies.



PRUEBAS EN UN ENTORNO ESPACIAL SIMULADO

Los primeros pasos del proyecto *DUSTER* están enfocados en el estudio de la carga de polvo en laboratorio simulando de manera exhaustiva las condiciones del entorno espacial. Para ello, la instalación DROP (*Dust Regolith Or Particles*) en ONERA Toulouse recrea las condiciones del entorno lunar con la mayor fidelidad posible (ver imagen 1).

Esta cámara de vacío cuenta con una bomba turbomolecular que posibilita la realización de ensayos a presiones extremadamen-

te bajas, similares a las de nuestro satélite. Para simular la irradiación solar en el suelo lunar, se emplea un haz de fotones ultravioleta al vacío (VUV) con la misma energía y flujo solar, incidiendo directamente en la capa de polvo. El potencial medio del polvo después de la irradiación VUV se mide mediante una sonda Kelvin sin contacto. Posteriormente, el polvo atraído por la rejilla y los electrodos se recoge en un vaso de Faraday (ver imagen 2).

Con esta configuración, se realizan mediciones de diversas magnitudes físicas, incluyendo el campo eléctrico necesario para mover los granos cargados, la carga eléctrica que transportan dichos granos en movimiento,

los parámetros de carga y el campo eléctrico en la superficie de la capa de polvo. Para realizar estas pruebas, ONERA ha seleccionado un análogo de polvo lunar denominado JDC-1A (Johnson Space Center - One A), consistente en un triturado de roca basáltica.

Los primeros resultados obtenidos por el proyecto son muy alentadores. Indican que es factible en laboratorio atraer los granos de polvo con fuerzas electrostáticas, medir una corriente mientras entran y salen del vaso de Faraday e inferir la cantidad de carga eléctrica que transportan dichos granos de polvo. Se trata, sin duda, de un hito importante para el proyecto.

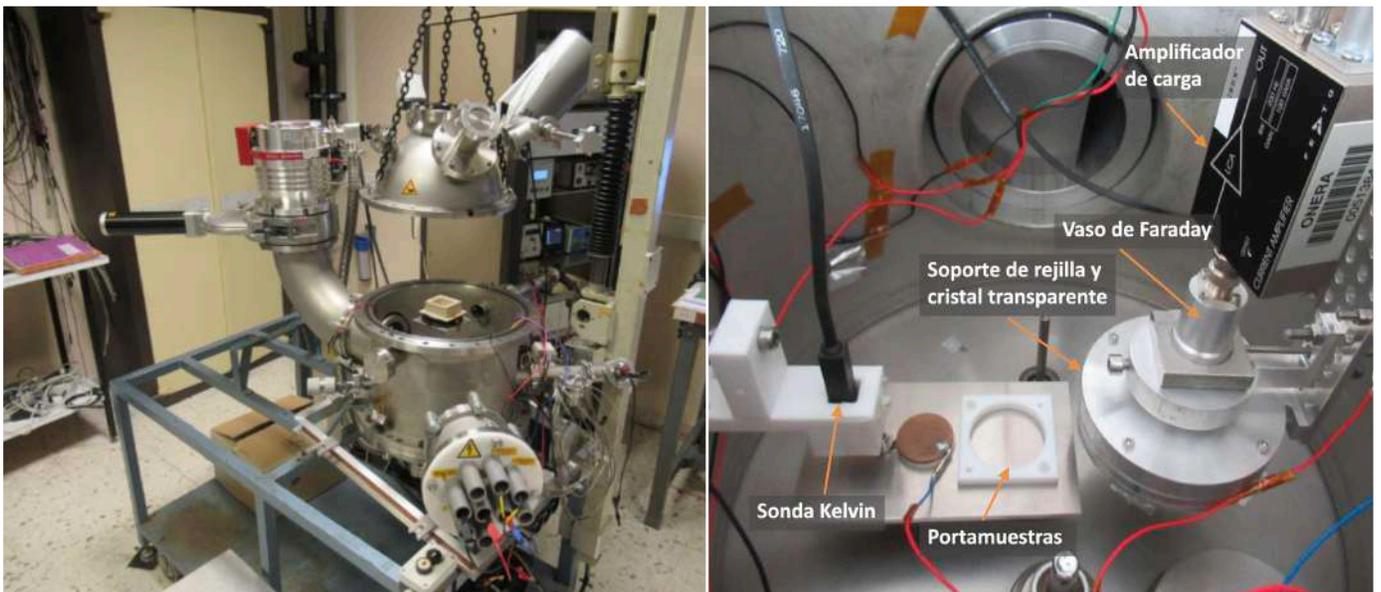


Imagen 1: La cámara Dust Regolith Or Particles (DROP) de ONERA (Toulouse), que se utiliza para realizar los experimentos de laboratorio. Crédito: ONERA

Imagen 2: Configuración del detector de polvo para el proyecto DUSTER. Un vistazo al interior de la cámara DROP. El soporte de polvo lunar mide 5x5 cm² con un orificio central para las muestras de polvo lunar. La rejilla utilizada para atraer las partículas de polvo está pegada a su soporte. El cristal transparente se utiliza para observar la deposición de polvo. El vaso de Faraday mide la corriente, que luego es amplificada. A la izquierda también puede verse la sonda Kelvin, utilizada para medir el potencial del polvo. Crédito: Figura adaptada de ONERA

UN PROTOTIPO DE INSTRUMENTO PARA MEDICIONES IN SITU

Basándose en los resultados obtenidos en el laboratorio, se procederá a diseñar, fabricar y probar un prototipo de instrumento en un entorno controlado. Este instrumento estará destinado a analizar in situ, en la superficie lunar, las propiedades mecánicas y eléctricas del polvo, así como el transporte electrostático, una vez instalado en un pequeño módulo de aterrizaje lunar.

Este instrumento, además, deberá tener la capacidad de extraer de manera controlada los granos de polvo que componen el regolito natural. Con este propósito, dicho instrumento estará compuesto por tres sensores clave: una sonda Langmuir, una sonda de campo eléctrico y un colector de polvo que consta de un electrodo de alta tensión

acoplado a un medidor de cargas (electrómetro).

Las sondas de Langmuir y de campo eléctrico medirán el plasma del entorno y el campo eléctrico cerca de la superficie, mientras que el colector de polvo aplicará una fuerza controlada sobre el polvo cargado para atraerlo y medir la corriente resultante del movimiento de las partículas de polvo cargadas en el vaso de Faraday.

Los parámetros resultantes determinarán el campo eléctrico necesario para atraer y recoger el polvo en función de las condiciones ambientales (iluminación, densidad del plasma y temperatura), lo que permitirá diseñar dispositivos de mitigación del polvo electrostático y colectores de muestras de polvo para una amplia gama de entornos, tanto para nuestro satélite, como para otros cuerpos del sistema solar como Marte, cometas o asteroides.

El proyecto DUSTER ha recibido financiación del programa HORIZON de Investigación e Innovación de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n° 101082466.



Referencia: duster.aeronomie.be

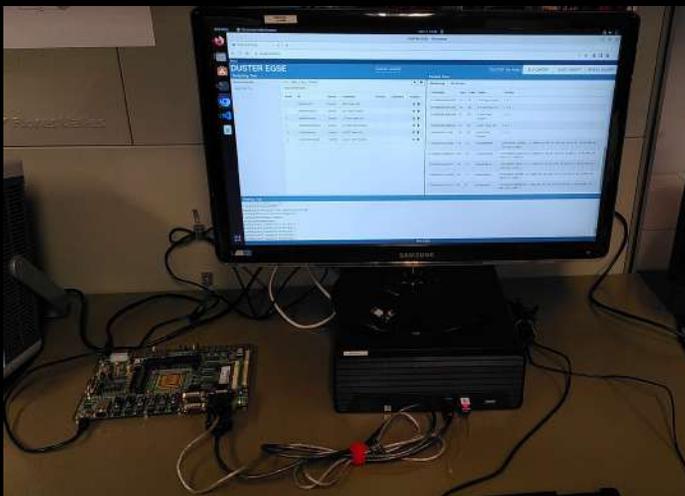
El papel del IAA-CSIC en *DUSTER*

El IAA es responsable del ordenador de a bordo, el software de control y la mecánica del instrumento *DUSTER*

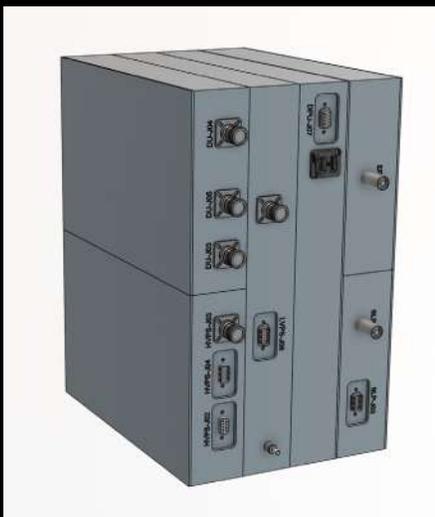
Dentro del proyecto *DUSTER*, el IAA-CSIC se encarga del diseño de la caja de electrónica donde se albergarán las tarjetas de procesamiento y control del instrumento (también desarrolladas por el IAA-CSIC), la electrónica de adaptación a las tres sondas (desarrolladas por BIRA-IASB) y las fuentes de alimentación de alta, media y baja tensión (diseñadas por TAS-E). Esta caja protege a las tarjetas electrónicas de interferencias electromagnéticas externas o de otro dispositivo electrónico.

El IAA-CSIC también diseñará el *hardware*, *firmware* y *software* de la tarjeta de control y procesamiento del instrumento, así como un simulador de comunicación de la nave espacial o aterrizador con el instrumento *DUSTER*, responsable de transmitir los telecomandos y recibir las telemetrías.

El IAA-CSIC es también responsable de la integración de la electrónica con las tarjetas de BIRA-IASB y TAS-E, y ofrecerá soporte en los tests de compatibilidad electromagnética e interferencia electromagnética que se realizarán en Thales Alenia Space - España. Finalmente, se realizará una verificación funcional del *software* y *hardware* en el laboratorio.



Desarrollo del software de control y simulador de nave espacial mandando telecomandos y recibiendo telemetrías. Créditos: IAA-CSIC



3D de la caja de electrónica del instrumento *DUSTER*. Créditos: IAA-CSIC



REPORTAJE

ULIRGs: unas galaxias muy brillantes que no se ven

GALAXIAS CON FUERTE EMISIÓN EN EL INFRARROJO Y MUY POCO BRILLANTES EN LOS RANGOS VISIBLE Y ULTRAVIOLETA

Por Enrique Pérez Montero (IAA-CSIC)

Las galaxias, esos aglomerados de miles de millones de estrellas que orbitan en torno a un pozo de potencial gravitatorio común, muestran una amplia variedad de tamaños, formas y contenidos que hace de su estudio algo único y que conduce al constante descubrimiento de hechos nuevos e inesperados. Por ejemplo, las galaxias se han definido principalmente por la naturaleza de las estrellas que las componen, a las cuales siempre se les ha otorgado gran relevancia por tratarse de los objetos más luminosos a simple vista. Son, digámoslo así, lo que las galaxias enseñan a nuestros telescopios de manera más directa, otorgándoles las clásicas formas a las que estamos acostumbrados, como de disco espiral, o elipse; o con colores variados que van del azul de las estrellas jóvenes y masivas, al rojo de las más ligeras y antiguas.

No obstante, hay otras muchas maneras de clasificarlas si atendemos a algunos de sus otros componentes, los cuales, desgraciadamente, no son tan fáciles de identificar porque muchas veces se ocultan a la visión clásica que tenemos de las galaxias.

Podríamos extendernos citando multitud de estos componentes invisibles que van desde el halo de materia oscura que sirve de pegamento gravitatorio que evita que se deshagan las galaxias, los agujeros negros súpermasivos de sus núcleos o el gas molecular que sirve de semilla para nuevas generaciones de estrellas. Sin embargo, nos vamos a centrar en el polvo, otra de las maneras en que la materia bariónica se condensa y que no emite con luz propia, al menos una "luz" que nuestros ojos puedan distinguir.

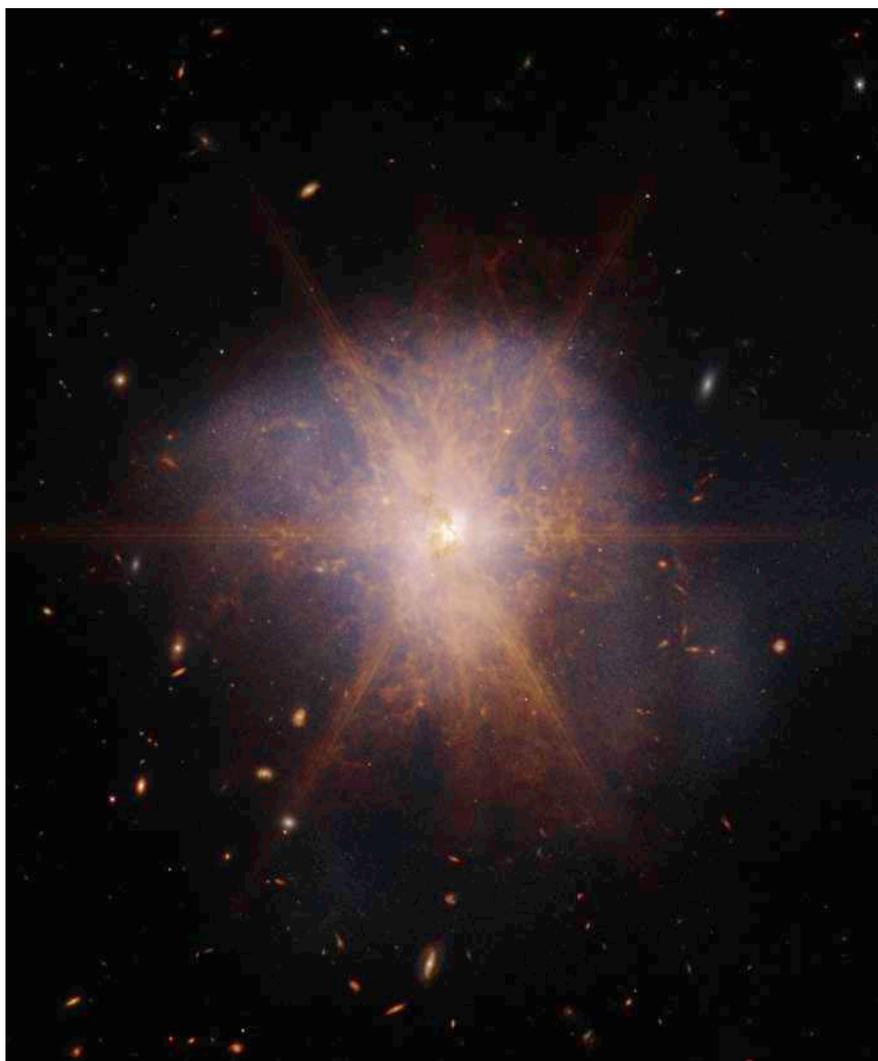


Imagen de la galaxia ULIRG Arp 220 tomada por el Telescopio Espacial James Webb. Crédito: NASA, ESA, CSA, K. Pontoppidan (STScI), A. Pagan (STScI)

POLVO INTERESTELAR

Los granos de polvo interestelar suelen estar asociados a fenómenos de formación estelar masiva en galaxias, ya que las estrellas jóvenes y masivas emiten una gran cantidad de radiación y de vientos estelares capaces de arrastrar pequeñas partículas remanentes de las nubes de gas dentro de las cuales las estrellas han nacido. A medida que estas partículas se desplazan, arrastran algunas otras, iniciando un proceso de crecimiento y creando granos más grandes cuya superficie sirve para formar compuestos más complejos y granos aún mayores.

Estos granos de polvo también se caracterizan porque constituyen una especie de pantalla que cubre gran parte de la radiación de las estrellas, lo que evita en gran medida que puedan ser estudiadas cuando los brotes de formación estelar son observados usando luz visible.

Otra manera muy eficiente de formar granos de polvo es a través de la energía emitida por un disco de acreción alrededor de un agujero negro súpermasivo en el centro de una galaxia, lo que crea a su vez un disco toroidal aún más grande de polvo que rodea a esta región del espacio.

Lo que los granos básicamente hacen es absorber la radiación ultravioleta y óptica de las estrellas, o del disco alrededor del agujero negro, y del gas, calentándose a temperaturas que van desde unos 100 grados Kelvin (unos 170 grados centígrados bajo cero) para aquellos granos más pequeños y cercanos a la fuente de radiación, hasta apenas unos pocos grados por encima del cero absoluto (273 grados centígrados bajo cero) en regiones más densas y frías donde casi no llega la radiación. A esa temperatura, los granos sí que emiten luz, pero en el rango infrarrojo (IR), un dominio de la luz ajeno a nuestros ojos y, en muchos casos, velado por la propia atmósfera de la Tierra.

LA LUZ INFRARROJA

La luz IR es considerada la luz de los cuerpos fríos y nosotros mismos estamos emitiendo ahora mismo radiación de este tipo, la cual puede ser detectada usando, por ejemplo, unas gafas de visión nocturna.

El rango IR fue descubierto en el siglo XVIII por William Herschel, que se dio cuenta de que cuando proyectaba la luz del Sol en una pantalla, después de haberla dejado dispersarse tras pasar por un prisma para contemplar su espectro, justo por debajo del rojo, si colocaba un termómetro, este subía de temperatura. De ahí, lo del prefijo "infra-", aunque en realidad esta radiación cubre un rango de longitud de onda superior al de la luz visible, abarcando desde más o menos una micra hasta un milímetro.

Muchos de los misterios de los cuerpos fríos en el espacio no pudieron empezar a ser estudiados hasta que no se lanzaron al espacio los primeros satélites infrarrojos

Como el vapor de agua y también otras moléculas presentes en la atmósfera absorben gran parte de esta radiación, muchos de los misterios de los cuerpos fríos en el espacio no pudieron empezar a ser estudiados hasta que no se lanzaron al espacio los primeros satélites capaces de medir la luz en este rango.

De manera sorprendente, uno de los hallazgos encontrados en el IR fueron cierto tipo de galaxias que tienen una cantidad de polvo tan grande a su alrededor que su existencia no fue conocida hasta que no fueron observadas por esos primeros observatorios espaciales.

Este es el caso de la misión *IRAS*, cuyas siglas en inglés significan 'Satélite Astronómico en el Infrarrojo' y que durante la década de 1980 encontró y clasificó multitud de galaxias extremadamente brillantes en el IR, pero que eran muy débiles vistas en el rango visible.



Concepción artística de la misión 'Infrared Astronomical Satellite', *IRAS*. Crédito: NASA/JPL

LIRGs Y ULIRGs

Estas galaxias fueron clasificadas como LIRGs (Galaxias Luminosas en el IR) cuando su luminosidad en el infrarrojo superaba cien mil millones de veces la luminosidad del Sol y como ULIRGs (Galaxias Ultra Luminosas en el IR) cuando superaban el billón de veces, magnitudes muchísimo más elevadas que las medidas en otras galaxias consideradas convencionales.

Posteriormente, en la década de 1990, la misión *ISO*, 'Observatorio Espacial en el IR', lanzado por la Agencia Espacial Europea, ayudó a identificar muchas más de estas galaxias tan brillantes en el IR y tan débiles a simple vista.

Gracias a las nuevas generaciones de observatorios espaciales en el IR lanzados a primeros del siglo XXI, como es el caso de *Spitzer*, de la NASA, o *Herschel*, de la ESA, hemos aprendido mucho más sobre este tipo de galaxias veladas por las ingentes cantidades de polvo generadas por los intensos brotes de formación estelar y la presencia de núcleos activos que emiten gran cantidad de radiación.

Por ejemplo, la naturaleza de las ULIRGs podría estar relacionada con brotes mucho más intensos provocados por la fusión de galaxias entre sí, produciendo la colisión de nubes de gas que causan una intensidad aún mayor en el número de estrellas generadas y, por tanto, en la intensidad de la radiación ultravioleta producida.

Si esto es así, es probable que este tipo de fenómenos hubiera sido mucho más frecuente en el pasado del universo, en épocas en que las galaxias producían estrellas de manera mucho más vigorosa y, al mismo tiempo, cuando el Universo era más denso y concentrado, lo cual sería propicio para que las interacciones entre galaxias fueran mucho más frecuentes.

A este tipo de galaxias oscurecidas por el polvo en el universo joven y lejano se las denomina DOGs, 'dust-obscured galaxies', y no hay un censo claro de cuántas hay o de cuál es su proporción con respecto al resto de galaxias cuando el Universo era más joven, así que no hay ahora mismo información suficiente para saber, por ejemplo, si esta es una fase común en la evolución de todas las galaxias.



Imagen artística de W2246-0526, una galaxia oscurecida por el polvo que brilla en el infrarrojo con la misma intensidad que 350 billones de soles. Crédito: NRAO/AUI/NSF; Dana Berry / SkyWorks; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



Impresión artística del sistema de fusión múltiple alrededor de W2246-0526, que está conectada por corrientes de polvo con tres galaxias cercanas. Crédito: S. Dagnello (NRAO/AUI/NSF)

De hecho, una de las preguntas abiertas que aún no tiene respuesta es por qué algunas galaxias con brotes intensos de formación estelar o con un agujero negro central activo generan una cantidad tan grande de polvo que la luz óptica de esos brotes queda oscurecida completamente, mientras que en otros casos esto no ocurre así, y tenemos acceso a través de la luz visible a esos mismos fenómenos o, al menos, tenemos acceso a ciertas regiones desde donde parte de la luz óptica escapa al espacio intergaláctico para que podamos detectarla.

METALES EN EL UNIVERSO

Es posible que la respuesta a este misterio tenga que ver con el contenido en metales de estas galaxias.

Los metales son los elementos químicos que son generados en el interior de las estrellas en los procesos de fusión nuclear y son expulsados al espacio interestelar por las estrellas por medio de vientos estelares o tras su muerte, ya sea de manera violenta como supernova o de manera más calmada como nebulosa planetaria.

En realidad, esta nomenclatura de metales no tiene nada que ver con la que se usa en química, pero a los astrónomos nos vale para conocer si una cierta galaxia está muy evolucionada o no gracias a las generaciones previas de estrellas que han contaminado el medio con estos elementos más pesados.

Al mismo tiempo, se sabe que la producción de granos de polvo requiere de la presencia de estos elementos químicos más pesados, pues su composición química tiene átomos como los de carbono, oxígeno, silicio o hierro. Por tanto, una galaxia más metálica tendrá menos dificultades para formar estos granos que otra más joven y menos enriquecida.

PROYECTO 'ESTALLIDOS'

El equipo de investigación del proyecto 'Estallidos de formación estelar en galaxias' del IAA-CSIC ha desarrollado por vez primera un método de análisis robusto que permite medir la cantidad de estos elementos químicos usando líneas de emisión producidas por los metales en el rango IR, lo que abre la posibilidad de medir la metalicidad incluso en las LIRGs y en las ULIRGs.

Algunas de esas líneas han sido observadas en diversos catálogos de los telescopios *Spitzer*, de la NASA, o *Herschel* de la ESA y se espera que el telescopio espacial *JWST* aporte muchos más datos para tener un censo aún más completo de muchas más de estas galaxias.

Además, en el rango del IR lejano, a partir de unas 25 micras, que no está cubierto por los observatorios citados más arriba, hay muchas otras líneas muy valiosas que han sido aportadas por la ya finalizada misión *Akari*, de la Agencia Espacial Japonesa, y el observatorio *SOFIA*, que han sido fundamentales para completar el estudio. Este último observatorio no es espacial, pero tampoco recoge datos desde

la superficie de la Tierra: iba montado instalado en un *Boeing 747* de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos que, hasta el año pasado en que fue retirado de manera definitiva, tomaba sus observaciones en movimiento y a una altura de crucero de más de 12 kilómetros en la estratosfera.

En un trabajo del grupo 'Estallidos' que ha sido publicado por la prestigiosa revista *Nature Astronomy* y que analizaba la metalicidad de las LIRGs y ULIRGs se han encontrado cosas inesperadas, pues parece que, a diferencia de lo que se pensaba hasta ahora, las metalicidades de estas galaxias no son en esencia muy distintas de las del resto de galaxias. De hecho, algunas de ellas muestran metalicidades mucho más bajas, aunque su proporción es muy baja.

Parece que, a diferencia de lo que se pensaba hasta ahora, las metalicidades de las galaxias LIRGs y ULIRGs no son en esencia muy distintas de las del resto de galaxias

Podría ser que esta fracción de ULIRGs tan poco metálicas tengan esos valores por estar justo en medio de una fase de colisión que ha disparado la formación de estrellas pero usando para ello una fracción de gas muy poco enriquecido. Esta fase sería muy breve en términos relativos de tiempo, ya que las nuevas estrellas producirían nuevos metales que harían que la metalicidad se recuperase rápidamente.

Por tanto, parece que aquello que hace distinguirse a las galaxias luminosas en el IR, aquello que ha hecho que produzcan cantidades tan ingentes de polvo habrá de ser buscado en otro sitio. Quizá las estrellas masivas o los agujeros negros sean de una naturaleza distinta en estas galaxias.

Por último, aunque esta nueva metodología abre la puerta a medir el contenido en metales con los nuevos datos de *JWST*, el Universo joven tendrá que seguir esperando unos años, ya que las líneas de emisión del IR medio, tal como se detectan desde nuestra posición, se desplazan a longitudes de onda aún mayores a edades más tempranas del Universo, algo debido a la propia expansión del Universo y que se denomina desplazamiento al rojo, en este caso, más bien, al infrarrojo lejano: justo el rango que hasta ahora cubría *SOFIA* y al que no llega *JWST*.

Aunque sí que es posible que algunas de esas líneas se detecten con observatorios de microondas, como ALMA, o en radio, como SKAO, en objetos muy lejanos, la mayoría de ellas tendrá que seguir esperando hasta tener otro observatorio espacial que cubra ese rango.

Hace unos meses, la ESA canceló la misión SPICA, que tenía como objetivo cubrir ese vacío durante esta década, y ahora mismo existe el proyecto PRIMA de la NASA, que podría estar listo para la próxima década, pero, por ahora, a pesar de la efervescencia que supone el análisis de los nuevos datos que JWST está aportando, ese hueco tiene que ser todavía cubierto para que podamos conocer el verdadero papel de las galaxias luminosas infrarrojas en nuestra propia evolución.



Impresión artística de dos galaxias con brotes estelares que comienzan a fusionarse en el universo primitivo. Crédito: NRAO AUI NSF, D. Berry

ACTUALIDAD

GALAXIAS CAZADAS EN PLENO ‘REJUVENECIMIENTO’ QUÍMICO

UN EQUIPO DEL IAA-CSIC LIDERA UN PIONERO ESTUDIO QUE DESVELA EL PAPEL CRUCIAL DE LAS FUSIONES GALÁCTICAS EN LA EVOLUCIÓN QUÍMICA DE LAS GALAXIAS INFRARROJAS ULTRALUMINOSAS

Desde los años ochenta se conoce un tipo de galaxias caracterizadas por una fuerte emisión en el infrarrojo (por encima de cien mil millones de veces la luminosidad del Sol) y muy poco brillantes en el rango visible y ultravioleta. A estas Galaxias Infrarrojas Luminosas (LIRGs, por sus siglas en inglés) se añadieron posteriormente las Galaxias Ultraluminosas Infrarrojas (ULIRGs), con una emisión en el rango infrarrojo de billones de veces la luminosidad del Sol. El exceso de radiación infrarroja propio de este tipo de galaxias se debe a la presencia de ingentes cantidades de polvo calentado por intensos brotes de formación estelar, así como a la posible presencia de un agujero negro supermasivo activo en su núcleo. La capacidad de absorción de luz de dicho polvo hace que estas galaxias sean complejas de estudiar en los rangos visible y ultravioleta, y haya que recurrir a la observación con telescopios infrarrojos.

Un equipo del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha liderado un estudio publicado en *Nature Astronomy* con resultados muy novedosos que evidencian el papel crucial de la fusión galáctica en la evolución química de este tipo de galaxias.

“Las galaxias infrarrojas luminosas y ultraluminosas son fundamentales para comprender el complejo panorama de la evolución galáctica. Nos permiten estudiar en el universo cercano tasas extremas de formación estelar, similares a las encontradas en las primeras etapas del universo”, explica Borja Pérez Díaz, investigador del IAA-CSIC y primer autor del trabajo.

El equipo de investigación del proyecto ‘Estallidos de formación estelar en galaxias’ del IAA-CSIC ha aplicado por primera vez sobre una muestra de ga-

laxias LIGRs y ULIGs un sólido método de análisis que permite medir las abundancias de elementos químicos directamente utilizando las líneas de emisión del gas ionizado en el rango infrarrojo. Estas líneas escapan de la absorción producida por las enormes cantidades de polvo de estas galaxias y nos permiten desvelar las condiciones físicas de su interior.

Los elementos químicos, generados en el interior de las estrellas y expulsados al medio interestelar mediante procesos de viento estelar o en las etapas finales de la vida de dichas estrellas, son un indicador muy preciso del estado evolutivo de la galaxia. Cuanto mayor es la historia de formación estelar, mayor es la abundancia de elementos pesados. Además, la presencia de este tipo de átomos, como carbono, oxígeno, silicio o hierro, favorece a su vez la formación de granos de polvo en el medio interestelar de las galaxias.

Uno de los principales resultados de este estudio demuestra que, a diferencia de lo que se pensaba hasta ahora, la proporción de elementos pesados de estas galaxias de gran emisión infrarroja no es muy diferente a las del resto de galaxias con menor presencia de polvo.

“Este resultado sería consistente con el hecho de que la mayoría del polvo se habría creado como consecuencia de los vientos estelares causados por los brotes de formación estelar y por los efectos de la formación de agujeros negros supermasivos activos, pero amplificados en gran medida por la interacción y fusión de galaxias externas más pequeñas que convierten el gas en nuevas estrellas de manera mucho más eficiente,” declara Enrique Pérez Montero, uno de los coautores del estudio.

“CAZADAS” EN PLENA FUSIÓN AL DETECTAR SU ‘REJUVENECIMIENTO’ QUÍMICO

Además, el equipo del IAA-CSIC ha detectado dentro de la muestra un pequeño número de galaxias con una abundancia de elementos pesados en el medio interestelar excepcionalmente mucho más baja respecto a lo esperable por su masa y tasa de formación estelar.

“Estas galaxias habrían sido observadas justo en el momento de experimentar la dilución química originada por la entrada desde el exterior de enormes cantidades de gas prácticamente sin elementos pesados durante el proceso de fusión con otras galaxias. La aportación de este nuevo material explica el descenso observado en las abundancias, simulando así un rejuvenecimiento químico, y a su vez dispara la formación estelar” detalla Borja Pérez Díaz. “Esta fase de la evolución química de las galaxias sería muy breve en términos relativos, ya que las nuevas estrellas comienzan a sintetizar nuevamente elementos pesados y a restituir las abundancias del medio interestelar”.

Este estudio, que ha empleado datos procedentes de diferentes telescopios infrarrojos como Spitzer (NASA) o Herschel (ESA), abre nuevas perspectivas para el conocimiento de la formación y evolución de todas las galaxias en las primeras etapas del universo, en aspectos tan determinantes como el papel relativo de los procesos de formación estelar, la generación de polvo, y el rol de los núcleos activos y de la fusión de galaxias.

EL MOBY DICK DE...

... GABRIELLA GILLI (IAA-CSIC)

MI PLANETA ROCOZO PREFERIDO: VENUS



Nacida en Bari, en el sur de Italia, estudió Astrofísica en la Universidad de Padua, completó su licenciatura en el Instituto de Astrofísica de Canarias y obtuvo su doctorado en el Instituto de Astrofísica de Andalucía en Granada en el 2012 con un estudio sobre la atmósfera de Venus, utilizando datos del satélite Venus Express (ESA).

Hoy en día su campo de investigación cubre varios aspectos de Ciencias Planetarias y está enfocada en modelado 3D de la alta atmósfera de Venus y Marte. En estos últimos años también se ha interesado por aplicar estos modelos teóricos a exoplanetas similares a Venus.

Hace unos meses participé en la tercera edición de un *workshop* llamado “RockyWorlds” que tuvo lugar en Zúrich (Suiza), del 8 al 12 de enero de 2024.

El objetivo principal de este ciclo de conferencias es reunir científicos y estudiantes en ciencias planetarias de varias partes del mundo para presentar los últimos estudios sobre exoplanetas de tipo rocoso, y fomentar a la vez el debate y las colaboraciones entre investigadores de varios campos, incluso los que se dedican a estudiar nuestro propio sistema solar.

Los científicos pensamos que para interpretar los sistemas exoplanetarios es fundamental conocer en más detalle nuestros planetas vecinos. Al mismo tiempo, se piensa que la caracterización de los nuevos sistemas planetarios que se van descubriendo mejorará la comprensión de la formación, evolución y distribución de los planetas potencialmente habitables en nuestra galaxia.

Para facilitar los intercambios de ideas y las discusiones interdisciplinarias se organizaron charlas temáticas y sesiones de trabajo paralelas, y tuve la oportunidad de dar una charla sobre mi planeta rocoso preferido: Venus. Hablé del contexto en el que se encuentra en los albores de nuevas y futuras misiones espaciales y su función como laboratorio natural para estudiar exoplanetas potencialmente parecidos a él.

En este Moby Dick me gustaría centrarme en mi trabajo con Venus. Del otro tema se hablará en otro número de la revista (suspense...)

VENUS, NUESTRO VECINO

Nuestro vecino, visible a simple vista al amanecer o al anochecer, me acompaña desde el comienzo de mi carrera investigadora en el 2006, cuando empecé mi tesis de doctorado en el IAA-CSIC, y hasta mi actual trabajo en este mismo centro, tras varios años de estancias postdoctorales en el extranjero.

Durante mi doctorado me dediqué a analizar emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO) en el infrarrojo cercano obtenidas por el instrumento VIRTIS a bordo de la *Venus Express*, la primera misión espacial a Venus de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Estas emisiones nos han servido para tener

una estimación de la temperatura diurna y de la abundancia de CO en una región muy poco explorada de la atmósfera de Venus, por encima de los 100 kilómetros de altura.

La *Venus Express* fue un éxito rotundo. Estuvo observando la atmósfera de Venus desde el 2006 hasta el 2014, haciendo descubrimientos clave, como confirmar que una gran cantidad de agua se ha perdido en el espacio durante miles de millones de años. Además nos mostró imágenes espectaculares de estructuras dinámicas muy complejas, como las del vórtice polar huracanado y extremadamente variable del hemisferio sur, entre otros.

En los últimos diez años, desde mi primer *postdoc* en París, me dedico a estudiar la atmósfera de Venus usando herramientas teóricas, como los modelos de circulación general (GCM).

Estos modelos matemáticos son parecidos a los que se utilizan para hacer previsiones meteorológicas en la Tierra, o para predecir cambios climáticos a lo largo de varios años. Son códigos muy complejos que se basan en las ecuaciones de Navier-Stokes, las leyes de la termodinámica y una serie de parametrizaciones físicas que nos permiten hacer previsiones detalladas en 3D del estado de la atmósfera en cada una de las celdas imaginarias en las que dividimos la atmósfera del planeta. El modelo que utilizo fue desarrollado en el *Laboratoire de Météorologie Dynamique*, en París, y continúa actualizándose gracias a las contribuciones de los miembros del Departamento del

Sistema Solar del IAA-CSIC.

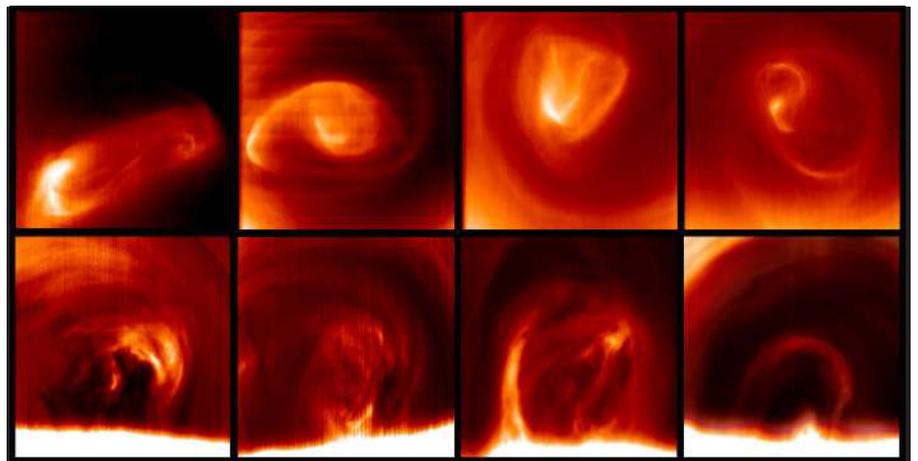
Las observaciones y las simulaciones teóricas son muy complementarias. Los resultados del modelo nos sirven para interpretar las observaciones que obtenemos desde satélites o telescopios en tierra, o incluso para ayudar a preparar futuras misiones a Venus.

¿POR QUÉ IR A VENUS, SI YA LO CONOCEMOS?

Pero ¿qué sabemos del planeta llamado, en ocasiones, el “hermano gemelo de la Tierra”? ¿Realmente lo conocemos suficientemente bien como para extrapolar el conocimiento actual de su atmósfera (o de su superficie) a exoplanetas potencialmente análogos?

En realidad, Venus sigue rodeado de misterios. A pesar de ser el primer planeta visitado por una sonda espacial allá por los años sesenta, los primeros aterrizajes fracasaron debido a las altas temperaturas y presiones de la superficie del planeta, además del ambiente tóxico y ácido de sus nubes. Tuvieron que transcurrir quince años (en 1975) para que el vehículo de descenso de la *Venera 9* consiguiera separarse de la nave principal, aterrizar y tomar las primeras imágenes de la superficie venusiana.

En otras palabras, lo difícil no es llegar a Venus, sino superar sus fuertes vientos de hasta 360 km/h que azotan su atmósfera a unos 70-75 km de altura aproximadamente (lo que



El vórtice polar huracanado y extremadamente variable del hemisferio sur de Venus. Crédito: *Venus Express*

se define como “súper-rotación”), penetrar su densa capa de nubes de ácido sulfúrico hasta alcanzar su superficie, donde te recibe un clima infernal, con temperaturas capaces de fundir el plomo (480° C) y presiones hasta 90 veces la presión de la Tierra.

Para que nos hagamos una idea, desde el comienzo de la era espacial solo cuatro sondas han logrado tocar la superficie de Venus y conseguir enviar algunas imágenes directas: las Venera 9 y 10 en 1975, y las Venera 13 y 14 en 1982.

En comparación, en menos de 25 años, cinco vehículos robóticos se han dado un buen paseo por la superficie de Marte, mostrando que, sin duda alguna, el planeta rojo llegó a albergar ríos y lagos en el pasado.

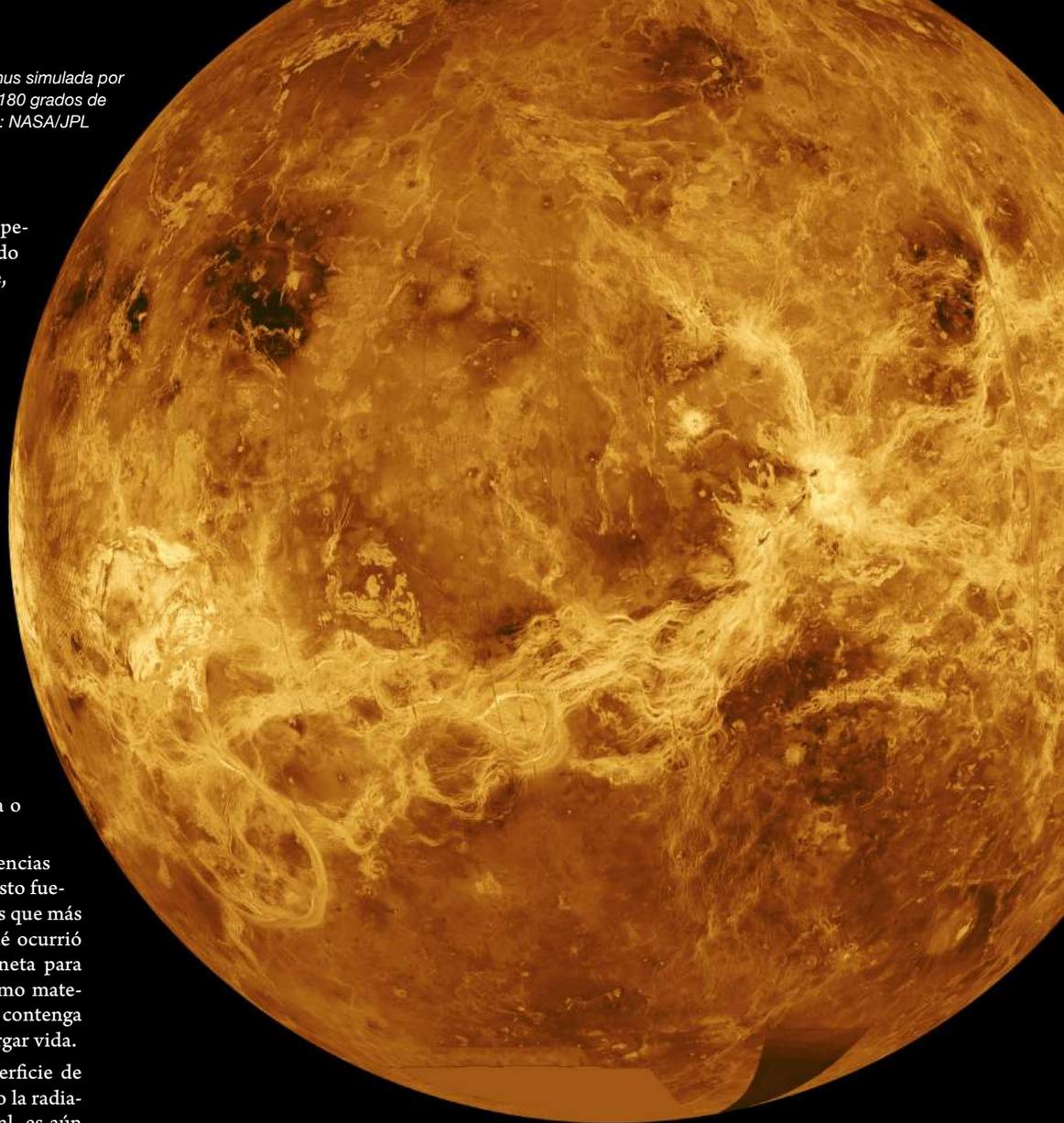
Y Venus, ¿llegó a tener agua líquida o incluso océanos en su superficie?

Aún no tenemos pruebas o evidencias geológicas, como en Marte, de que esto fuera así. De hecho, una de las preguntas que más intrigan a los científicos es saber qué ocurrió en el camino evolutivo de este planeta para que, a pesar de formarse con el mismo material con el que se formó la Tierra, no contenga las condiciones adecuadas para albergar vida.

La presencia de océanos en la superficie de Venus en fase muy temprana, cuando la radiación solar era más débil que la actual, es aún motivo de debate. Algunos modelos teóricos indican que tras la fase de “océano de magma”, Venus podría haber tenido las condiciones favorables para permitir la condensación del vapor de agua y formar océanos durante un periodo de tiempo indeterminado, hasta que tras un evento catastrófico de escala global (por ejemplo, una potente erupción volcánica) hubiera producido una masiva inyección de CO₂ y otros gases a la atmósfera, activando su actual e intenso efecto invernadero y provocando la evaporación de ese potencial océano de agua líquida.

Sin embargo, otros modelos teóricos indican que los océanos nunca se han podido formar en Venus a causa de las altas temperaturas diurnas (por absorción de radiación solar) y nocturnas (a causa de la formación de nubes y el consecuente efecto invernadero). Sin hablar de otros modelos que incluso predicen que el planeta ya desde una fase evolutiva muy temprana era muy parecido a su estado actual (desechado y con prevalencia de CO₂ en su atmósfera).

Cuando hablamos de Venus, hay más preguntas abiertas que respuestas: no sabemos cómo han evolucionado la superficie y el interior del planeta; si Venus hoy en día es activo geológicamente y tectónicamente; o si ha sido activo en los últimos mil millones de años; o cómo se formó su atmósfera y cómo ha evolucionado su clima como consecuencia de los procesos geológicos.



ADOPCIÓN DE ENVISION: LA ESA Y EL IAA-CSIC VUELVEN A VENUS

Averiguar qué le pasó a Venus para que se convirtiera en el planeta inhóspito que es hoy en día es solo uno de los objetivos científicos de *EnVision*, la próxima misión a Venus de la Agencia Espacial Europea, con participación de la NASA, y que el 25 de enero 2024 fue oficialmente “adoptada”. Esto quiere decir que la ESA se compromete a llevar a cabo la misión, finalizar el diseño y construir la nave espacial para su lanzamiento con un cohete *Ariane 6*, previsto para el año 2031.

EnVision será la primera misión en investigar simultáneamente la historia, la actividad y el clima de Venus desde su núcleo interno hasta su superficie y su atmósfera por encima de la capa de nubes (hasta unos 100 km de altura).

Llevará a bordo seis instrumentos: *VenSAR* (un radar), *SRS* (un radar de sondeo subterráneo), un experimento en radiofrecuencias y *VenSPec-suite*, compuesta por tres espectrógrafos para observar en longitudes de onda desde el visible hasta el infrarrojo cercano: *VenSpec-U*, *VenSpec-M* y *VenSpec-H*. Este último es un espectrógrafo de alta resolución espectral diseñado para observar la atmósfera de Venus y medir los gases volcánicos y su variabilidad, así como los aerosoles que

componen sus nubes. El radar permitirá obtener imágenes de la superficie de Venus con una resolución diez veces superior a la sonda *Magallanes*, y el radar de sondeo medirá la posible actividad geológica por primera vez por debajo de la superficie, hasta los 1000 metros de profundidad.

El IAA-CSIC contribuye en el desarrollo científico y tecnológico de la misión, siendo responsable del módulo de suministro de potencia de *VenSpec-U* y *VenSpec-H*.

No hay dudas de que una nueva etapa científica muy prometedora se presenta para los investigadores y las investigadoras que nos dedicamos a estudiar Venus. No olvidemos que la atmósfera de Venus también ofrece un laboratorio natural para comprender mejor el efecto invernadero desbocado que a largo plazo (debido al progresivo envejecimiento del Sol y aumento de la radiación solar) o incluso a corto plazo (a causa del calentamiento global provocado por la actividad humana) podría inducir la Tierra a seguir el mismo camino evolutivo de Venus.

Nos queda confiar en el desarrollo y en la inteligencia de los seres humanos para que esto solo ocurra en los próximos... miles de millones de años.

EL CONSULTORIO

BIENVENIDOS Y BIENVENIDAS AL CONSULTORIO ASTRONÓMICO DE LA DOCTORA ANICETA PUPPIS

¿Te angustia la grandeza del cosmos? ¿Te desasosiega la idea de ser el único planeta que alberga vida conocida en todo el universo? ¿Pasas la mayor parte de tu tiempo en las lunas de Saturno?

Astroamigo, astroamiga: no estáis solos. La doctora Aniceta Pupis del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) responderá vuestras dudas astronómico-sentimentales una vez cada cuatrimestre. Este mes la doctora Puppis nos ilumina sobre espectros y telescopios.



Estimada doctora Pupis. Por motivos laborales me encuentro viviendo en Estados Unidos. El otro día, leí en un artículo de el prestigioso periódico "The New York Times" el siguiente titular "Hunting Ghosts in the Sky and Finding What Makes Their Colors", que se podría traducir algo así como "Cazar fantasmas en el cielo y encontrar qué produce su color". Leyendo el artículo por encima vi que el IAA-CSIC estaba implicado en el descubrimiento. La verdad, me quedé bastante desasosegado. ¿De verdad os dedicáis a buscar fantasmas? Espero puedas poner un poco de luz a mi desconcierto.

Atentamente, Nebuloso.

Estimado Nebuloso, parece ser que en tu caso lo de la fuga de cerebros tiene un sentido más que literal. Imagino que debe ser duro vivir lejos de casa, y que el jet-lag ha afectado ligeramente a tus neuronas. Si hubieras leído el artículo en profundidad (y no solo por encima como comentas), habrías llegado a la conclusión tú solito de que en los institutos de astrofísica no buscamos fantasmas.

Los espectros son unos destellos verdosos que se generan en la mesosfera (una región de la atmósfera que se creía carente de actividad eléctrica). Están relacionados con los rayos de tormenta, aunque se sitúan varios kilómetros por encima de las nubes. Su misterioso nombre proviene del acrónimo inglés *GHOST* (*GreenisH Optical emission from Sprite Tops*) y si los has visto en el New York Times es porque nuestra compañera María Passas acaba de publicar un artículo en el que han descubierto que el color de estas estructuras (que se creía tradicionalmente asociado al oxígeno) se debe fundamentalmente a metales como hierro y níquel.

Gracias a este descubrimiento se podrán mejorar los modelos que nos ayudan a comprender estos fenómenos. Así que puedes dormir tranquilo, querido Nebuloso, que ya ves que en el IAA-CSIC no investigamos ciencia magufla.

*Un fantasma de verdad (no como los que se imagina Nebuloso).
Crédito: Thomas Ashcraft*



Doctora Pupis, estoy bastante indignado y preocupado, la verdad, y quisiera compartir contigo mi inquietud. Soy un gran aficionado a la astronomía. Últimamente veo que se publican muchas cosas acerca de un tal JWST. Intuyo que es un telescopio importante que da imágenes muy chulas, pero ¿cómo se pronuncia en nuestro idioma? ¿Yust? ¿Jiyust? ¿Jivujust? El otro día me dio un microictus intentando decirlo. ¿Por qué no han buscado un nombre más fácil de pronunciar?

Anónimo.

Abundio, ¿eres tú? ¡Qué ilusión me hace tener noticias tuyas de nuevo! ¡Ay!, en qué breves me ponéis, queridos lectores. Personas como tú son la razón por la cuál los Power Rangers tienen que decir su nombre cuando se presentan.

En fin. *JWST* son las iniciales de *James Webb Space Telescope*, un telescopio infrarrojo construido y operado por la Agencia Espacial Europea, la Agencia Espacial Canadiense y la NASA. Se lanzó en 2021 y desde su primera luz está siendo la alegría de astrónomos y astrónomas en todo el planeta. Puedes llamarlo por su nombre completo, o bien *James Webb*, o bien mencionas las iniciales una a una (Jota-Uvedoble-Ese-Te).

Sin embargo, es cierto que su nombre ha sido fruto de una amarga controversia: James Webb, el funcionario de la NASA que le da nombre, también fue uno de los principales impulsores de una purga de personas del colectivo LGTB en la Agencia americana cuando era administrador, lo que se conoció como "terror lila". Por este motivo muchos astrónomos y astrónomas se niegan a llamar al telescopio por el nombre de este señor, por lo que optan por las iniciales o por el no menos bonito nombre de *Just Wonderful Space Telescope*.

No obstante, te invito, querido Anónimo, a deleitarte con imágenes tan bonitas como esta de Sagitario C.

*Imagen en el infrarrojo cercano de Sagitario C.
Crédito: NASA, ESA, CSA, STScI, Samuel Crowe (UVA), Rubén Fedriani (IAA)*



EL DOLOR NO PRESCRIBE

La mandíbula de Mollie

Por EMILIO J. GARCÍA (IAA-CSIC)

Crédito: Andrea Hickey / BuzzFeed

En octubre de 1921, con apenas 24 años, Mollie acude al dentista porque le duelen terriblemente los dientes. De hecho, una de sus muelas se ha caído sola y las encías están llenas de úlceras que no cicatrizan. El dentista queda alucinado cuando, casi sin esfuerzo, se queda con un trozo de la mandíbula de Mollie en la mano. La boca de esa chica se está cayendo a pedazos.

Tras una cura para salir del paso, la envía de regreso a casa, pero guarda el trozo de mandíbula en un cajón de su despacho donde almacena unas viejas radiografías.

En pocas semanas, Mollie empeora. El dolor es insostenible. No solo ha ido perdiendo los dientes uno a uno, sino que, literalmente, ya casi no tiene boca. A los pocos meses, muere. El diagnóstico: sífilis.

Tiempo después, el dentista saca una de esas viejas radiografías guardadas en el cajón de su despacho y queda perplejo. Están blancuecinas, lechosas, como si algo las hubiera “emulsionado”. Pero en ese cajón no hay nada más... salvo el trozo de mandíbula de una chica muerta por sífilis.

¿Quién era Mollie y cómo había podido llegar a ese estado? La respuesta a ambas preguntas es la misma: Mollie era una pintora de esferas de reloj.

LOS RELOJES LUMINISCENTES

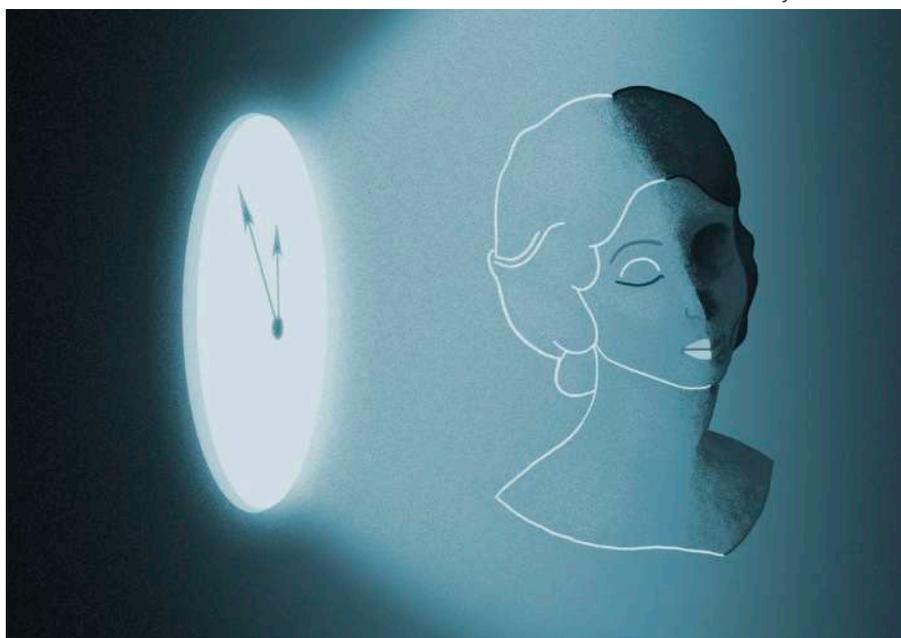
Vender relojes que brillaban en la oscuridad era un negocio muy lucrativo en esa época, especialmente demandado por el ejército americano, pero también muy de moda entre la población civil. Consistía en pintar las agujas y los números de los relojes con una pintura especial luminiscente.

Debido a la precisión con la que había que pintar las esferas, y a la exigencia de la empresa de no malgastar esta pintura fabulosa, las empleadas - todas mujeres jóvenes - debían usar un pincel extremadamente fino que había que chupar, mojar en la pintura y pintar, una y otra vez. *Chupa. Moja. Pinta.* Una media de doscientas esferas diarias cada una. Más de dos millones de esferas al año. Centenares de chicas entre 14 y 25 años, como Mollie.

Un trabajo como otro cualquiera, si no fuera porque aquella pintura “mágica” brillaba en la oscuridad gracias a que contenía radio, un elemento más radiactivo que el mismísimo uranio.

LOS DÍAS DEL RADIO

Aquellos eran los días del “boom” del radio. Había una importante e incipiente industria basada en este elemento, que se anunciaba como una sustancia todopoderosa.



Se vendían multitud de productos de los que se pregonaba que contenían radio, desde cremas, tónicos, pastillas para aumentar la energía y maquillaje para mujeres hasta una mantequilla. Incluso en las listas musicales lo petaba el “radium dance”.

Por supuesto, la práctica totalidad de estos productos no contenía radio, un elemento extraordinariamente caro y complejo de conseguir.

Añadir la palabra “radio” al nombre de un producto no era más que una estrategia publicitaria, como puede ser hoy la etiqueta “bio” o “light”, pero este no era el caso de la radiactiva pintura que día tras día chupaba Mollie.

LAS CHICAS DEL RADIO

Aquellas pintoras de esferas literalmente comían radio todos los días. Una pequeñísima cantidad en cada pincelada - inocua según la empresa - pero que se acumulaba de manera lenta y continuada en sus dientes, en sus huesos, en su organismo. Mollie no tenía sífilis, estaba envenenada por radio. Y como ella, centenares de chicas en diferentes puntos de Estados Unidos. Literalmente la boca se les caía a pedazos: pérdida de dientes, mandíbulas desfiguradas, huesos carcomidos, corsés de acero, amputaciones, anemias, tumores, leucemia... una fantasía gore.

Antes o después - en función de la cantidad de radio acumulada en el organismo y de dónde se hubiera depositado - aquellas chicas iban, una por una, desintegrándose. Hoy en día sus huesos aún emiten radiactividad, y

lo seguirán haciendo durante miles de años, como el trozo de mandíbula de Mollie.

Las “chicas del radio” tardaron tiempo en relacionar su dolor con el trabajo. Hay que entender que en aquella época la sociedad desconocía los peligros de la radiactividad.

No era el caso de la ciencia, ni menos de la industria, que cada vez acumulaba más evidencias del peligro que implicaba el descubrimiento de los Curie, aunque se esforzaba en ocultarlas, al fin y al cabo, era un negocio demasiado grande para dejarlo caer por una pequeña cantidad de radio disuelto en cada pincelada.



Chica de radio. Crédito: Daily Herald Archive / Getty Images

Finalmente aquellas trabajadoras lograron unirse y demandar a las empresas causantes de su dolor. Como suele ocurrir con las historias de tribunales es un relato largo y muy complejo, pero el primer veredicto fue demoledor para las chicas: debido al periodo de latencia del radio, para cuando las chicas actuaron, el caso ya había prescrito.

ESTRELLA QUE BRILLA A TRAVÉS DE UN PRISMA: FOTOMETRÍA DE COLORES

Observaciones, métodos, modelos y tecnologías para identificación modal y tránsitos planetarios

1990-2000

UNOS EXTRAÑOS DESFASES EN LOS COLORES DEL FOTÓMETRO STRÖMGREN

"En los años 90, las observaciones de distintas estrellas variables (estrellas que varían su brillo periódicamente) presentaban siempre la misma anomalía: las oscilaciones en los distintos colores alcanzaban su máximo en tiempos sistemáticamente desplazados. Estaban desfasados" recuerda Rafael Garrido, por entonces vicedirector del IAA-CSIC.

Como resultado de esta anomalía, detectada con el fotómetro Strömgren del Observatorio de Sierra Nevada en las cuatro curvas de luz (correspondientes a las bandas uvby: ultravioleta, violeta, azul y verde-amarillo), Rafa Garrido empezó a investigar en fotometría de colores e identificación modal.

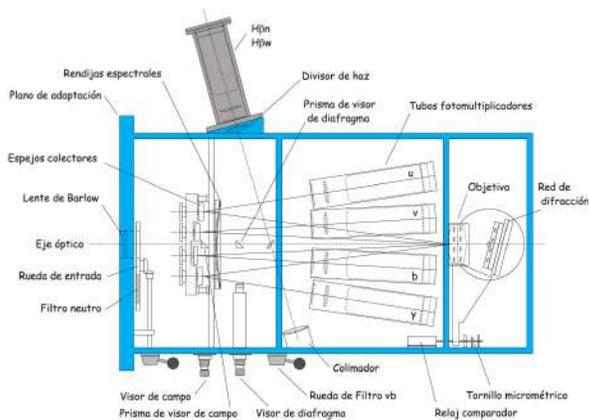
El trabajo seminal de esta técnica remonta a 1987, cuando R. D. Watson desarrolla un método para identificar el número de líneas nodales superficiales de un modo de oscilación, es decir, los paralelos y meridianos que delimitan las distintas áreas del patrón superficial de oscilación de una estrella, responsable final de la variación en su brillo. Este método se basaba en el análisis de datos fotométricos obtenidos en las bandas B y V - filtros centrados en 4300 Å y 5500 Å, respectivamente - mediante la comparación de la proporción de sus amplitudes con las diferencias de fases.

Una perturbación oscilante en el interior de una estrella, tanto en presión como en densidad, puede expresarse como una superposición de modos normales. Cada modo se caracteriza por una frecuencia de oscilación (ω), y tres índices: n , l y m . El grado angular l es el número de líneas nodales en la superficie de la estrella, mientras el orden radial n es el número de nodos en la dirección radial.

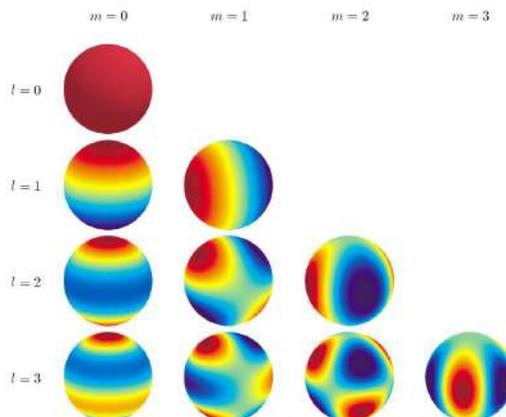
Si solo disponemos de observaciones de la estrella en luz blanca podemos determinar los diferentes modos de oscilación a través de sus índices n , pero no podemos discriminar el grado angular l . Esta información es clave en el caso concreto de las llamadas estrellas δ Scuti. En estas estrellas pulsantes, los conjuntos de frecuencias de distintos índices están entremezclados de manera desordenada en el espacio de frecuencias. Es determinante en este caso una buena técnica que identifique cada frecuencia con sus índices (n , l) correspondientes. Y aquí entra el trabajo de Rafael Garrido con el fotómetro Strömgren.

Las bandas b (4685 Å) e y (5488 Å) del fotómetro Strömgren, empleadas en el trabajo de Garrido, son estrechas y no se superponen, a diferencia de los filtros B y V del método de Watson. Este último, además, dejaba dos parámetros libres relacionados con la amplitud y el desfase de las curvas fotométricas. Esta disparidad fue la base de una nueva técnica que, en 1999, permitió a Rafa Garrido determinar en una muestra de estrellas δ Scuti el grado l de los diferentes modos de pulsación, logrando una desviación entre las series teóricas y observacionales bastante reducida, al menos en los primeros tres órdenes (1% en $l=1$, 6% en $l=2$, 18% en $l=3$).

A raíz de este método fue posible en los años 2000 desarrollar modelos teóricos basados en datos de observaciones Strömgren que incluían el efecto del ángulo de observación desde tierra. Esto es debido a que la detección de las pulsaciones correspondientes a modos con diferentes índices l depende también de la inclinación del eje de rotación estelar respecto al observador (por ejemplo, si observamos la estrella por su ecuador podemos identificar solo los modos de l impares, mientras que si lo hacemos por sus polos, solo identificaríamos los modos de l pares).



Esquema del fotómetro Strömgren, de la Tesis Doctoral "Variabilidad tipo gamma Doradus en cúmulos abiertos" de Susana Martín Ruiz (2000)



Representación de algunos armónicos esféricos en función del grado angular l y del índice azimutal m . El color rojo corresponde a valores positivos y el azul a valores negativos, en verde las líneas nodales, i.e. las curvas fijas del patrón de oscilación.

DECONSTRUCCIÓN

Por Sebastiano de Franciscis y Rafael Garrido Haba,
Grupo de Variabilidad Estelar, Departamento de Física Estelar, IAA-CSIC

2003

LA FOTOMETRÍA DE COLORES LLEGA AL ESPACIO

En términos generales, las observaciones fotométricas de colores desde tierra presentaban errores demasiado grandes para realizar estudios sistemáticos, exhaustivos y concluyentes. Esta limitación condujo al comité científico de la misión espacial CoRoT (CO_nvección, ROTación y Tránsitos planetarios, 2006-2013) a proponer, en 2003, la implementación de una tecnología que hasta ese momento solo empleaban los astrofísicos galácticos: separar la luz de la estrella en diferentes bandas, centradas en el rojo, el azul y el verde. La fotometría de colores llegaba al espacio.

CoRoT, conducida por la Agencia Espacial Francesa (CNES), la ESA y otros patrocinadores internacionales, fue la primera misión espacial de su tipo cuyos objetivos fueron la búsqueda de planetas extrasolares y estudios en astrosismología, el análisis de la pulsación estelar.

Los datos en diferentes colores fueron de extrema utilidad también para la confirmación de tránsitos planetarios. Aquellos tránsitos que mostraban diferentes profundidades en las tres bandas - una característica distintiva de sistemas estelares binarios o manchas estelares - podían ser descartados de manera rápida y sistemática. A lo largo de toda la misión, este análisis permitió descartar el origen exoplanetario del 83% de los tránsitos candidatos.

Uno de los resultados más destacados de la fotometría de color de CoRoT surgió en 2011 con la observación de una estrella δ Scuti durante 152 días. Durante este período, se detectaron doce modos de oscilación, cada uno caracterizado por su grado l . En este estudio, para detectar las frecuencias casi degeneradas, es decir, con valores muy similares, los autores consideraron un conjunto de modelos con diferentes velocidades rotacionales, edades y máximo grado l de los modos. Este análisis se llevó a cabo utilizando el código de oscilaciones adiabáticas FILOU (que no es un acrónimo, sino un adjetivo en francés que significa "pillo", "espabilado", "travieso", y también es el nombre de una cerveza belga. Uno nunca puede saber de dónde sale la inspiración científica).



Conceptión artística de la misión CoRoT.
Crédito: CNES - D. Ducros

2008

DE UNA ESTRELLA ESFÉRICA Y ADIABÁTICA HACIA MODELOS MÁS COMPLEJOS Y DETALLADOS

El método de discriminación modal fotométrica se basa en un modelo que no incluye ni la rotación estelar (que deforma la estrella y rompe la simetría esférica), ni los efectos no adiabáticos de la atmósfera (los producidos por el intercambio energético entre la dinámica de oscilación y la atmósfera estelar). Tanto la rotación, como los efectos no adiabáticos son determinantes en física estelar para mejorar la eficacia y precisión en la detección modal.

Actualmente, se están dando pasos importantes a la hora de introducir estos dos aspectos fundamentales en los modelos de pulsación estelar, para hacer estos lo más realistas posibles.

"En la aplicación TOUCAN, una de las herramientas del Spanish Virtual Observatory, incluimos una malla de modelos astrosismológicos con correcciones por rotación calculados con nuestro código FILOU," explica Juan Carlos Suarez, profesor de la Universidad de Granada (UGR) y colaborador del Grupo de Variabilidad Estelar (GVE) del IAA. "Lo que hacemos en la UGR es utilizar índices sísmicos para acotar el modelado de la estrella, incluyendo los efectos de la rotación. Podríamos combinar nuestro trabajo con los diagramas de discriminación fotométrica modal de Rafa Garrido, para restringir los modelos y la identificación de los grados angulares. Aunque esto funcionaría quizá solo en algunos casos específicos, sería un avance importantísimo, ya que hoy por hoy la identificación modal directa en estrellas δ Scuti no es posible."

"Por otra parte, la técnica de Rafa Garrido requiere del cálculo de unas cantidades físicas procedentes de observables no adiabáticos. La idea es que estos desfases observados en distintos colores se producen porque la transmisión de calor no se hace igual a la misma temperatura por distintos colores. Si el sistema fuese perfectamente adiabático observaríamos el mismo desfase en todas las bandas de colores. Para eso desarrollamos GraCo (Granada oscillation Code), un código de pulsación estelar no adiabático, que juega un papel relevante a la hora de describir tanto la zona convectiva externa como la atmósfera estelar." añade Andy Moya, profesor de la Universidad de Valencia (UV) y colaborador del GVE.

Además, con el objetivo de refinar aún más las técnicas y los algoritmos de identificación modal, en el último Iberian Meeting on Asteroseismology (2023) - con la participación del IAA-CSIC, UGR, UV e IAC - se implementó un test cruzado para la estimación de las fases de los modos de oscilación en algunas curvas de luz simuladas.

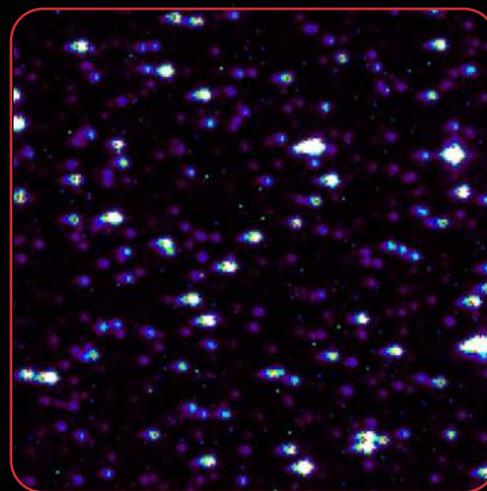


Imagen recopilada por CoRoT en la noche del 31 de enero al 1 de febrero de 2007. Las "manchas" estelares de colores son producidas por la difracción de las distintas bandas de luz a través del prisma.

DECONSTRUCCIÓN

2013-2026

LAS MISIONES BRITE Y PLATO, PRESENTE Y FUTURO DE FOTOMETRÍA DE COLORES

Actualmente el instrumento espacial por excelencia para la fotometría de colores en astrosismología es la misión *BRITE-Constellation*, operada por un consorcio entre Canadá, Austria y Polonia. La misión está compuesta de cinco nanosatélites, dos de los cuales obtienen datos fotométricos en la banda del azul, y el resto en la banda del rojo. El ancho campo de visión del telescopio de cada nanosatélite, asegura una cobertura de casi la totalidad del cielo para la fotometría diferencial de los *targets* estelares.

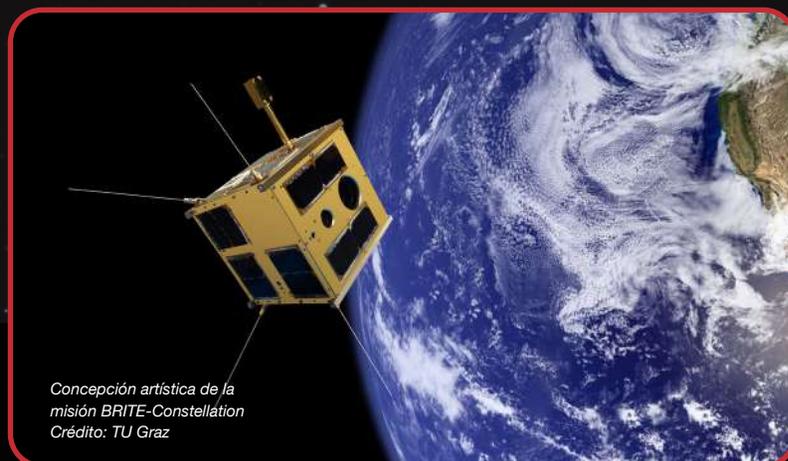
En el futuro próximo, el legado de la misión *CoRoT* y de su reto tecnológico de la fotometría espacial de colores, recaerá en la misión *PLATO* (*PLAnetary Transits and Oscillations of stars*), de la Agencia Espacial Europea, cuyo lanzamiento está previsto para el 2026.

La contribución científica del IAA en la misión *PLATO* se está llevando a cabo por el Grupo de Variabilidad Estelar (GVE), que está involucrado en los paquetes de trabajo "Lightcurve Preparation for Asteroseismology" y "Pulsating stars", y participa en el desarrollo de técnicas innovadoras de análisis de datos aplicadas a la explotación de este instrumento de nueva generación, y al estudio de modelos estelares avanzados.

Originalmente, de las 26 cámaras que contiene *PLATO*, las dos cámaras de orientación y navegación se diseñaron para captar luz blanca. Sin embargo, al tener que observar estrellas muy brillantes, se corría el riesgo de que estas pudieran llegar a saturarse. Para solventar este problema, y al igual que ocurrió con *CoRoT*, se decidió incluir un filtro delante de cada cámara (uno de color azul y otro de color rojo) cuya suma reconstruirá el flujo completo de la estrella, y de paso permitirá seguir realizando fotometría de color desde el espacio.

Aún queda mucho por trabajar, entender y descubrir con la técnica de la fotometría de colores, ya sea descifrar los patrones de oscilación de la estrella δ Scuti; discriminar tránsitos exoplanetarios; o estudiar la dinámica de la granulación y de las manchas superficiales.

No está nada mal para una 'anomalía' instrumental molesta que, hace 30 años, desplazaba ligeramente las curvas de colores.



Concepción artística de la misión BRITE-Constellation
Crédito: TU Graz



Payload:
F-CAM group
N-CAM group 1
N-CAM group 2
N-CAM group 3
N-CAM group 4

Diseño multicámara de la misión PLATO, con los 4 grupos de 6 cámaras N-Cam, de cadencia 25s, y las dos cámaras rápidas F-Cam, de cadencia 2.5s, las cuales se utilizarán para el apuntado, la orientación y para la observación de estrellas brillantes de magnitud de 4 a 8



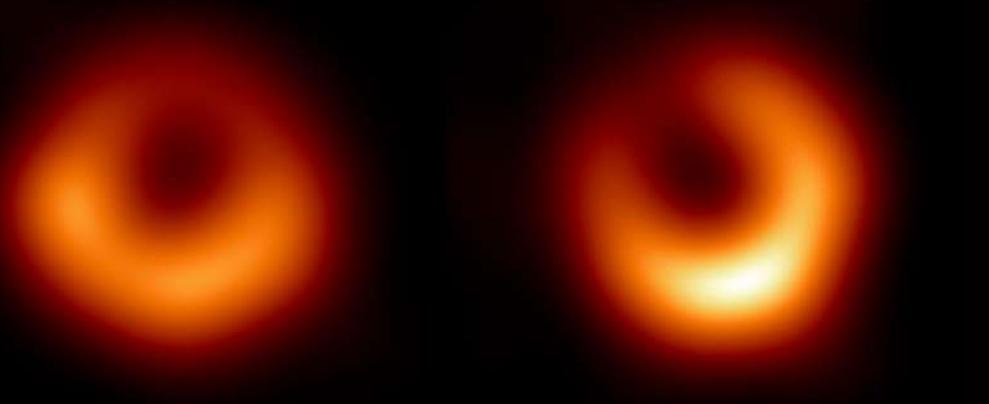
Módulo de carga útil de PLATO en proceso de integración en la sala blanca de OHB System AG. Crédito: OHB

M87*, un año después: la persistente prueba de la sombra de un agujero negro

EL IAA-CSIC PARTICIPA EN LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL QUE CONFIRMA LA EXISTENCIA DE UN ANILLO BRILLANTE QUE CORRESPONDE A LA SOMBRA DEL AGUJERO NEGRO DE LA GALAXIA MESSIER 87

2017 April 11

2018 April 21



Comparativa de las imágenes tomadas en 2017 y 2018. Crédito: Colaboración del EHT

La colaboración del Telescopio del Horizonte de Sucesos (del inglés Event Horizon Telescope, EHT), un proyecto internacional con una fuerte participación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha presentado una nueva imagen del agujero negro supermasivo M87*, a partir del análisis de observaciones realizadas en abril de 2018. Estas observaciones proporcionan un conjunto de datos independiente de los empleados en 2017.

Publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*, este nuevo análisis revela un brillante anillo de dimensiones idénticas a las observadas en 2017 alrededor de una región central oscura, que corresponde a la sombra proyectada por el agujero negro, así como un desplazamiento de aproximadamente 30 grados de la región más luminosa del anillo.

En 2019, el EHT publicó la histórica primera imagen de un agujero negro: M87*, un agujero negro supermasivo situado en el centro de la galaxia Messier 87, a 55 millones de años luz de distancia. Gracias a las observaciones combinadas a lo largo de 2017 de una red global de radiotelescopios que funcionan como un telescopio virtual del tamaño de la Tierra, se obtuvo la imagen de un brillante anillo circular, más luminoso en su parte sur. Análisis posteriores de su estructura en luz polarizada permitieron determinar la geometría del campo magnético y la naturaleza del plasma que rodea al agujero negro.

“La obtención de la imagen directa de M87* marcó una nueva etapa en el estudio de los agujeros negros, permitiendo realizar tests cada vez más precisos de la teoría de la relatividad general a partir de múltiples observaciones astronómicas”, afirma José Luis Gómez, vicepresidente del Consejo Científico del EHT y líder del grupo EHT en el IAA-CSIC, que incluye a los doctores Kotaro Moriyama, Thalia Traianou, Antonio Fuentes y Antxon Alberdi, además de los investigadores predoctorales Rohan Dahale, Marianna Foschi y Teresa Toscano, y los antiguos miembros Ilje Cho, Rocco Lico, y Guang-Yao Zhao.

CONSISTENCIA CON LA RELATIVIDAD GENERAL

La imagen de M87* tomada en 2018 es notablemente similar a la de 2017: un anillo brillante de idéntico tamaño y anchura, con una región central oscura y un lado del anillo más luminoso que el otro. Uno de los resultados más destacables de esta nueva imagen es la estabilidad del diámetro de su anillo con respecto a los datos de 2017, que respalda de manera sólida la conclusión de que M87* está bien descrito por la teoría de la relatividad general. “El radio de un agujero negro solo depende de su masa. Dado que M87* no está acumulando material (lo cual aumentaría su masa) a una velocidad alta, la relatividad general predice que su radio debe permanecer prácticamente inalterado a escalas de tiempo humanas, tal y como confirman nuestros datos”, señala Nitika Yadlapalli Yurk, investigadora postdoctoral en el Laboratorio de Propulsión a Chorro en California (E.E.U.U.), y doctora por el Instituto Tecnológico de California.

La posición de la región más brillante del anillo sí ha experimentado un cambio significativo en los nuevos datos de 2018, desplazándose unos 30 grados en sentido antihorario para ubicarse en la parte inferior derecha del anillo, aproximadamente en la posición de las cinco en punto. “A pesar de que la teoría de la relatividad general exige que el tamaño del anillo debe mantenerse estable, la emisión procedente del caótico y turbulento disco de acreción que rodea al agujero negro provoca que la región más brillante del anillo oscile de un lado a otro. La amplitud observada de esta oscilación o bamboleo a lo largo del tiempo servirá para poner a prueba nuestras teorías sobre el campo magnético y el entorno del plasma alrededor del agujero negro” explica Britt Jeter, investigador postdoctoral en el Instituto Academia Sinica de Astronomía y Astrofísica de Taiwán.

NUEVAS HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

El análisis de los datos de 2018 incorpora ocho técnicas independientes de imagen y modelado, incluyendo tanto métodos utilizados en el análisis previo de M87* como nuevos desarrollados a par-

tir de la experiencia adquirida del análisis de Sgr A*, el agujero negro situado en el centro de la Vía Láctea. “Es especialmente destacable que miembros del IAA-CSIC hayan aportado contribuciones clave a este hito, liderando o co-liderando los procesos de imagen con cuatro de las cinco técnicas de imagen distintas”, explica el Dr. Kotaro Moriyama, uno de los coordinadores del Grupo de Trabajo de Imagen del EHT.

UN PROYECTO EN CONTINUA AMPLIACIÓN

Para contribuir a esta nueva y emocionante ciencia, el EHT está en desarrollo constante. En 2018 el Telescopio de Groenlandia se unió al EHT por primera vez, sólo cinco meses después de que se completara su construcción en el Círculo Polar Ártico, y el radiotelescopio Large Millimeter Telescope (LMT) participó con su superficie total de 50 metros, mejorando considerablemente su sensibilidad. Además, se ampliaron las observaciones a cuatro bandas de frecuencia alrededor de 230 GHz, en comparación con las dos bandas empleadas en 2017.

“La integración del Telescopio de Groenlandia a la red del EHT ha sido esencial a la hora de refinar nuestras imágenes de M87* en 2018. Para las observaciones llevadas a cabo en 2021, 2022 y las próximas en 2024 se han implementado además otras mejoras significativas que nos inspiran a seguir expandiendo los límites en la astrofísica de los agujeros negros”, destaca Rohan Dahale, investigador predoctoral en el IAA-CSIC, y que ha contribuido de manera esencial a los nuevos resultados del EHT.

“Las observaciones realizadas por el EHT implican una contribución sustancial a la comprensión de la física de los agujeros negros. La ampliación del EHT mejorará la calidad de las imágenes. En este sentido, el IAA-CSIC y otros socios están estudiando la posible incorporación a la red de una nueva radio antena en las Islas Canarias. La investigación con el EHT es una parte fundamental del proyecto estratégico Severo Ochoa del IAA-CSIC”, añade Antxon Alberdi, miembro de la Colaboración del EHT y director del IAA-CSIC.

Revelan el origen de los fantasmas, un tipo de Eventos Luminosos Transitorios que se producen en la atmósfera

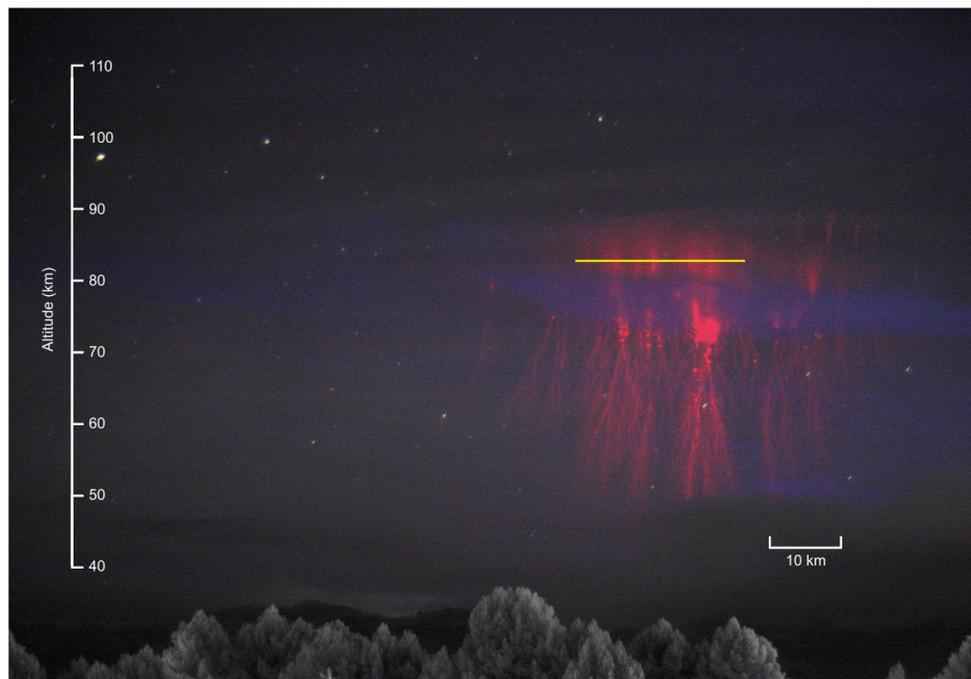
EL IAA-CSIC ENCABEZA EL PRIMER ESTUDIO ESPECTROSCÓPICO DE FENÓMENOS, QUE ASOCIA CON COMPUESTOS INESPERADOS, COMO HIERRO Y NÍQUEL

En la mesosfera, una región de la atmósfera que se creía carente de actividad eléctrica, se producen gigantescos destellos luminosos y breves cuyo descubrimiento, hace apenas tres décadas, sorprendió a la comunidad científica. Dado su carácter esquivo, recibieron nombres extraídos de *Sueño de una noche de verano* (Shakespeare), como duendes o elfos. Relacionados con los rayos de tormenta, pero situados decenas de kilómetros sobre las nubes, entre ellos se encuentran los *fantasmas* (o GHOSTS, del inglés *GreenISH Optical emission from Sprite Tops*), unos destellos verdosos de cuyo origen se atribuía al oxígeno.

Ahora, el primer estudio espectroscópico de estos eventos, publicado en la revista *Nature Communications*, los asocia con metales, como el hierro o el níquel, que nunca se habían incluido en los modelos ópticos de los destellos mesosféricos.

Los fantasmas no aparecen de forma aislada, sino que se observan en la región superior de los *sprites* (*duendes*), un espectacular evento luminoso de apenas centésimas de segundo que muestra una parte superior difusa y una región inferior poblada de "tentáculos" (filamentos de aire ionizado de entre diez y cien metros de grosor). Los *duendes* pueden extenderse desde los cuarenta hasta los casi cien kilómetros sobre el suelo y, en ocasiones, presentan un *fantasma* verdoso sobre la parte superior difusa, que perdura cientos de milisegundos tras la desaparición del duende que lo generó.

"Desde que, en 1989, se documentaron los primeros Eventos Luminosos Transitorios (o TLEs, de sus siglas en inglés), que es como conocemos esta familia de eventos, personas de todo el mundo bus-



Duende en el que se halló el fantasma estudiado. Crédito: María Passas Varo (IAA-CSIC)

can capturarlos durante las tormentas eléctricas. Y, de hecho, fue un científico aficionado quien fotografió por primera vez un fantasma, el último miembro descubierto de la familia de los TLEs," señala María Passas Varo, investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabeza el trabajo.

Hasta ahora, la principal hipótesis para explicar este destello verdoso que aparece sobre algunos *duendes* más intensos apuntaba a la interacción de las partículas cargadas (iones) con el oxígeno atómico presente en la atmósfera, un fenómeno ya identificado en el color verdoso de las auroras. Para corroborarlo, el equipo científico que desarrolló este trabajo inició en junio de 2019 una campaña de observación sistemática para la obtención de espectros de la región superior de los duendes (un espectro permite conocer parámetros como la temperatura o composición de un objeto celeste).

"Uno de cada cien duendes muy intensos genera un fantasma. Hemos analizado más de dos mil espectros, y solo cuarenta y dos correspondían a la región alta del duende, donde los fantasmas suelen aparecer. Hace falta mucha suerte y mucha pericia para apuntar el instrumento a la altura adecuada, porque la rendija de observación es muy estrecha y hay que predecir dónde va a aparecer el duende. De

los cuarenta y dos espectros, solo uno tenía relación señal a ruido lo suficientemente intensa," detalla la investigadora.

Ese espectro reveló, por primera vez, qué produce los *fantasmas*, un proceso en el que el oxígeno contribuye muy poco. El equipo halló, en cambio, que el destello verdoso se debe sobre todo a metales, hierro y níquel, compuestos que nunca se habían tenido en cuenta a la hora de desarrollar modelos ópticos para los TLEs.

"Justo ese día observamos ondas de gravedad, unas perturbaciones atmosféricas producidas por movimientos verticales intensos en el aire, como los generados por las tormentas –añade María Passas Varo (IAA-CSIC)–. Sabíamos que en la atmósfera existen capas de metales, que proceden de la entrada de polvo interestelar en la atmósfera, y todo apunta a que estas fluctuaciones en la densidad del aire hacen que la altitud de estas capas de metales sea variable: así, esta variabilidad sería la responsable de que no siempre aparezcan los fantasmas".

El hallazgo de estos átomos metálicos implica una actualización de los modelos para los Eventos Luminosos Transitorios, cuya comprensión resulta a su vez fundamental para entender cómo funciona el circuito eléctrico global de nuestro planeta.

Detectado el AGN más distante observado hasta la fecha en muy altas energías

LA DETECCIÓN HA SIDO REALIZADA POR EL LST-1, PRIMER TELESCOPIO LST DEL OBSERVATORIO CTAO

EL IAA-CSIC PARTICIPA EN LAS OBSERVACIONES Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

El 15 de diciembre de 2023 la Colaboración Large-Sized Telescope (LST) anunció a través de un *Astronomer's Telegram (ATel)* la detección de la fuente OP 313 a muy altas energías con el LST-1.

Aunque se conocía OP 313 a energías más bajas, nunca se había detectado por encima de los 100 GeV, lo que hace que este sea el primer descubrimiento científico del LST-1. Con estos resultados, OP 313 se convierte en el Núcleo Galáctico Activo (AGN, por sus siglas en inglés) más distante jamás detectado por un telescopio *Cherenkov*, lo que demuestra una vez más el rendimiento excepcional del prototipo del LST mientras sigue su puesta en marcha en CTAO-Norte en la isla de La Palma.

OP 313 es un tipo de AGN conocido como Cuásar de Radio de Espectro Plano o FSRQ (*Flat Spectrum Radio Quasar*). Se trata de objetos muy luminosos que se encuentran en los centros de algunas galaxias, donde un agujero negro supermasivo devora material de su entorno, creando potentes discos de acreción y chorros de luz y partículas relativistas.

El LST-1 observó esta fuente entre el 10 y el 14 de diciembre, tras recibir una alerta del satélite *Fermi-LAT* que mostraba una actividad inusualmente alta en el rango de rayos gamma de baja energía, confirmada también en el rango óptico con diferentes instrumentos. Con solo cuatro días de datos, la Colaboración LST pudo detectar la fuente por encima de los 100 Gigaelectronvoltios (GeV), un nivel de energía casi cien mil millones de veces mayor que la luz visible que los humanos pueden percibir.

“Cuando hay un aumento de la actividad en el rango óptico existe una alta probabilidad de que la emisión en muy altas energías también se incremente,” explica Jorge Otero-Santos, investigador en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y uno de los autores principales del análisis del LST-1. *“Esta correlación entre la emisión óptica y la gamma aún no se comprende bien. Este hecho, unido a la señal recibida por Fermi-LAT, nos llevó a tomar la decisión de observar OP 313 con el LST-1.”*

En general, este tipo de AGN son muy difíciles de detectar a muy altas energías. Esto se debe no solo a que el brillo de su disco de acreción debilita la emisión de rayos gamma, sino a que, además, son objetos muy distantes. En este caso, OP 313 se encuentra unos ocho mil millones de años luz de distancia, lo que lo convierte en el AGN más distante y la segunda fuente más distante jamás detectada a muy altas energías.

Cuanto más distante es la fuente, más difícil es observarla a energías muy altas debido a la llamada Luz de Fondo Extragaláctica o EBL (conocida así por sus siglas en inglés). La EBL es el conjunto de luz emitida por todos los objetos fuera de la Vía Láctea que se expande a través de múltiples

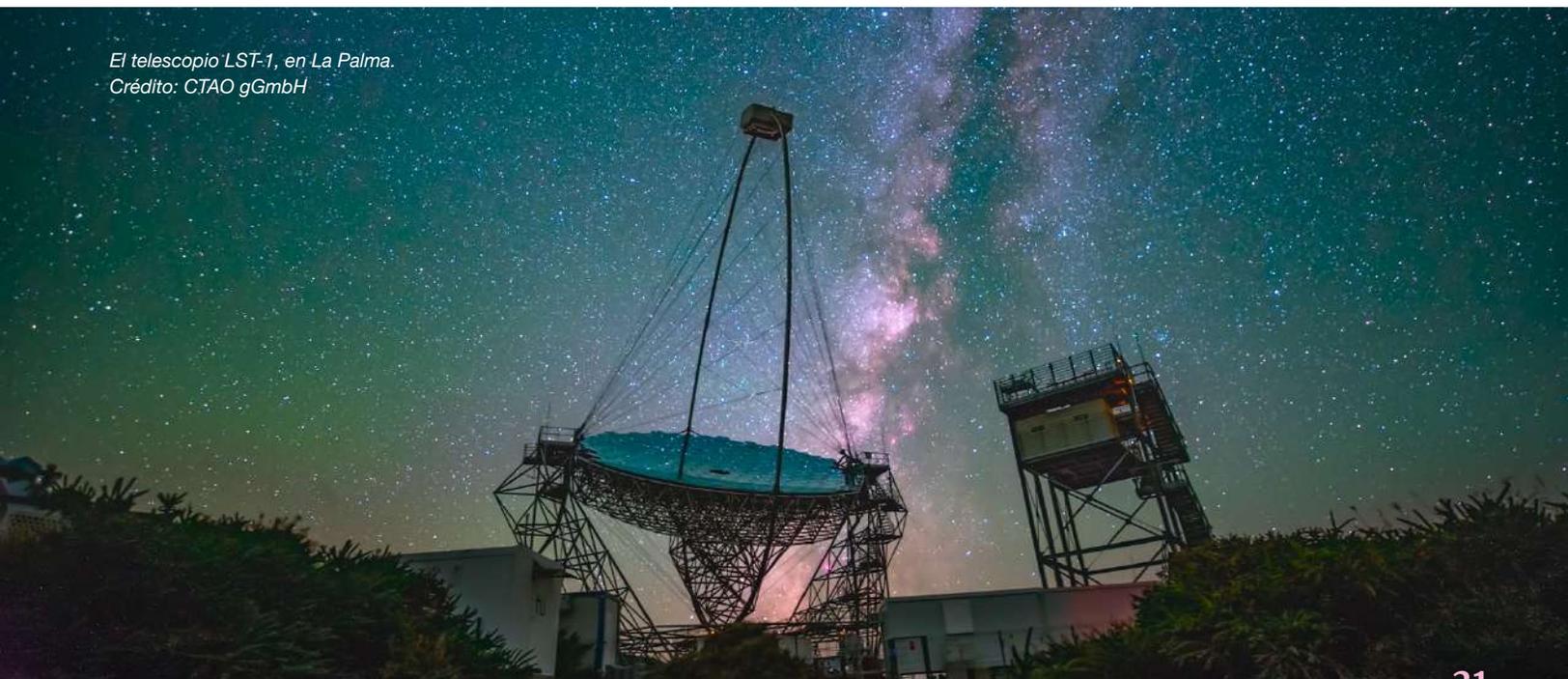
longitudes de onda, desde luz visible, infrarroja y ultravioleta. La EBL interactúa con los rayos gamma de muy alta energía, atenuando su flujo y, por tanto, dificultando su observación. Las características del LST-1, con una sensibilidad optimizada para el rango de baja energía del *Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO)*, entre 20 y 150 GeV, donde los rayos gamma se ven menos afectados por la EBL, permitieron a la Colaboración LST ampliar el estudio de esta fuente a decenas de GeV por primera vez.

“Solamente se conocen nueve cuásares en energías muy altas, y ahora OP 313 es el décimo,” indica Daniel Morcuende, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y uno de los autores principales de los resultados del LST-1. *“Dadas sus características, es una fuente muy interesante porque nos permitirá comprender mejor la EBL, estudiar los campos magnéticos dentro de este tipo de fuente o adentrarnos en la física intergaláctica fundamental.”*

Es fundamental complementar esta detección en muy altas energías con observaciones en el resto de longitudes de onda. *“Para ello se ha coordinado con el Observatorio de Sierra Nevada (OSN) un seguimiento del objeto en el rango óptico para caracterizar lo mejor posible su emisión en todo el espectro electromagnético,”* declara Jorge Otero-Santos, que coordina las observaciones ópticas de OP 313.

La Colaboración LST seguirá observando esta fuente con el LST-1 para ampliar el conjunto de datos y, de esta forma, obtener un análisis más preciso que permita a los científicos mejorar su comprensión de la EBL.

El telescopio LST-1, en La Palma.
Crédito: CTAO gGmbH



Mujeres en áreas STEM

PILARES

Hace treinta años, en el IAA nos hicimos la pregunta de por qué hay tan pocas mujeres en áreas STEM.

Un trabajo pionero realizado en el IAA en 1994 mostró que en el CSIC sólo un 20,1 % del personal científico en plantilla eran mujeres. Este estudio estadístico se repitió en 2002 y se había producido un aumento hasta 22,6 % (*Moya de Guerra et al 2002, Arbor 172, 679, en Monográfico sobre Ciencia y tecnología en el CSIC: una visión de género*).

Ese año se creó la Comisión Mujeres y Ciencia y desde entonces se produce un informe anual sobre la presencia de la mujer en el CSIC.

En 2011, la comisión publicó en la revista *Arbor* una actualización sobre los 10 años de la comisión, y para nuestra sorpresa el porcentaje de personal científico era menor, un 21%. Treinta años después, tal como se afirma en el informe de la Comisión de Mujeres y Ciencia del CSIC de 2023, seguimos con un exiguo 22,2 %.

En lo que respecta al IAA, en 1994 había un 18,8%, en 2002 subió a un 21,4% y en el último informe correspondiente a 2022 se alcanza un 22%.

Los datos son desalentadores ya que a pesar de que se han implementado medidas de igualdad durante estos años, comités paritarios, visibilización de mujeres en los diferentes estamentos, los números no parecen dar un buen diagnóstico, aunque tampoco han empeorado.

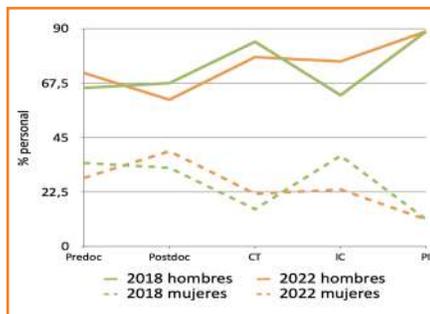


Gráfico de tijaera del porcentaje de mujeres en cada etapa de la carrera investigadora para el IAA.
 Crédito: Comisión de Igualdad del IAA-CSIC

Durante todos estos años se han venido realizando actividades para visibilizar el papel de las mujeres en la Ciencia. Toda esta actividad previa se plasmó en la implementación de un plan de Igualdad en 2018 para el IAA, además del plan de igualdad del CSIC, para cubrir todas las necesidades a nivel local.

Dicho plan contempla dos ejes: medidas de conciliación de la vida laboral y familiar (sala de lactancia, teletrabajo, guardería) y medidas de igualdad de género (formación, visibilización, comités paritarios, informes de impacto de género). A día de hoy podemos concluir que este plan ha sido ejecutado con éxito. Sin embargo se observa que los números no cambian a lo largo de los años. En 2022 seguimos con un 22% de personal científico en plantilla.

Además, encontramos un hecho bastante preocupante y es la tendencia lenta pero mantenida en el tiempo de que el número de mujeres que optan a una posición predoctoral es cada vez menor. Esta tendencia no es particular de nuestro instituto donde barajamos números pequeños, sino que también ha sido observada en toda el área de Físicas y Tecnologías Físicas del CSIC (informe CMYC 2023).

INCERTIDUMBRES

La pregunta que nos planteamos es qué futuro nos espera con un flujo de entrada cada vez menor como el que se observa.

Existe una gran preocupación en la profesión sobre la naturaleza de este fenómeno, que además se da a nivel global.

Por ello, la Asamblea General de Naciones Unidas de 22 de Diciembre de 2015 declaró el 11 de febrero como "Día Internacional de las Mujer y las Niña en la Ciencia", en reconocimiento al papel clave que desempeñan las mujeres en la comunidad científica y tecnológica.

En este día se pretende hacer visible a las mujeres investigadoras y se realizan actos de diversa naturaleza (encuentros de escolares con científicas, debates, mesas redondas, etc) con el fin de potenciar las vocaciones científicas entre las chicas. Este año se ha celebrado la novena asamblea del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia en Nueva York con miras a acelerar el progreso hacia el cumplimiento de los Objetivos de

Desarrollo Sostenible 16 y 17. El tema principal de dicha asamblea ha sido "Las mujeres y las niñas en el liderazgo científico, una nueva era para la sostenibilidad", y como subtema "Piensa en ciencia... Piensa en la paz".

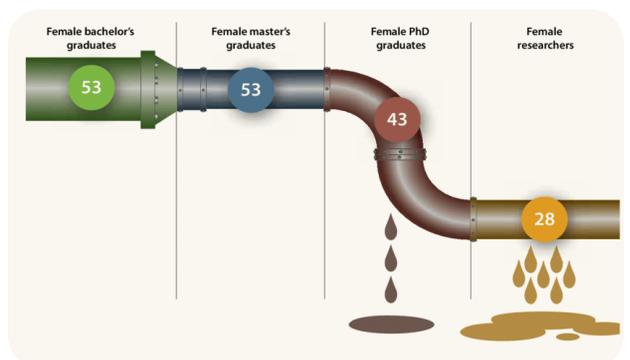
En este punto hemos de ser optimistas y seguir trabajando por aumentar las vocaciones científicas.

Ya no estamos en 1994, donde las grandes instituciones daban la espalda a este problema, sino que todo el trabajo realizado en los diferentes países se ha convertido en un movimiento global para mejorar la educación de las mujeres y eliminar las barreras que han impedido a las mujeres obtener mayor liderazgo en la Ciencia.

En palabras de Antonio Guterres, secretario ge-

neral de Naciones Unidas: "Las mujeres y las niñas deben estar en la ciencia. Es hora de reconocer que la inclusión fomenta la innovación, y de dejar que cada mujer y cada niña desarrolle su verdadero potencial".

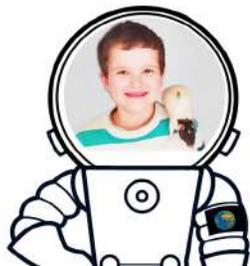
No estoy segura de si yo alcanzaré a ver como esta tubería goteadora por donde se va perdiendo talento científico cerrará sus agujeros, pero de lo que sí estoy segura es de que caminamos en la dirección correcta.



Crédito: UNESCO, Institute for Statistics

PEQUEÑAS MIRADAS

POR ALVIN LODDER



Mini-científico y aspirante astronauta, neurodivergente y LGTB. Tiene siete años. Es vecino del grupo local, autóctono de la Vía Láctea, más concretamente terrícola, italiano/neerlandés/brasileño: lleva en la genética las ciénagas y los bosques. Nació en Granada, y actualmente reside y explora en la Armuña, una tierra de secano, entre garbanzos y encinas. Es muy fan de elfes y pitufes, le encanta leer (sobre astrofísica, genómica y ciencia toda), disfrazarse, extraer ADN, bailar, programar y cantar, siempre en compañía de sus ratas, Azalea y Gardenia.

VIDA A BORDO DE LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

La mayoría de astronautas hoy en día pasan unos meses en la Estación Espacial Internacional (EEI, o ISS en inglés), que orbita la Tierra a unos 400 km de altura y casi 28000 km/h desde 1998. La EEI está compuesta por varios módulos fabricados en la Tierra y lanzados en diferentes misiones: el primero fue un pequeño módulo ruso, *Zarya*. También hay un módulo japonés - *Kibo* -, uno europeo de la ESA - *Columbus* -, uno estadounidense - *Harmony* - y el brazo canadiense - *Canadarm2*. Hay más módulos y dos naves *Soyuz* siempre listas. Me gusta porque, en lugar de ser una competición entre países, es un proyecto cooperativo de cinco agencias espaciales - incluida la ESA, European Space Agency.

La EEI sobre todo sirve para experimentar con la microgravedad, la incrementada radiación y todas las características de la vida en el espacio. Por ejemplo, al orbitar tan rápidamente, la estación da la vuelta a la Tierra en noventa minutos, con lo cual hay 45 minutos de luz y 45 de oscuridad. Las personas flotan libremente y cuando necesitan quedarse en un lugar, por ejemplo para un experimento o para hacer ejercicio, se pegan a una pared (no tiene mucho sentido hablar de suelo o techo) con cintas de velcro alrededor de los pies.

Los astronautas llevan a cabo experimentos de todo tipo: por ejemplo, trabajan con tardígrados, cultivan plantas - las cuales se confunden y no saben hacia dónde crecer -, miden cómo cambia el cuerpo en el espacio, analizan sangre, prueban medicinas, interactúan con robots y mucho más. Generalmente trabajan de lunes a viernes, nueve horas al día. A veces también tienen que encargarse de reparaciones, que pueden ser por fuera con el traje espacial o dentro. Por ejemplo, algo que pasa con relativa frecuencia es que se averían los cables de los paneles solares, única fuente de energía de la EEI: entonces alguien se pone el traje espacial y sale con las herramientas necesarias a través de una esclusa de aire (en inglés *airlock* o *hatch*). Eso se llama *spacewalk*, o paseo espacial. Mi astronauta favorita, Suni Williams, ha salido en paseo espacial siete veces, en total más de cincuenta horas.

Los astronautas comen y beben, pero se les hace más complicado porque la comida flota, la bebida flota, los tenedores flotan y ellos flotan. Hay diferentes tipos de comida: uno de ellos es comida como *crackers* y galletas que vienen tal cual; otro tipo son platos deshidratados en una bolsa, que se rehidratan en una estación de rehidratación y se toman directamente de la bolsa con una pajita. Un astronauta dijo que el secreto es ponerle queso fresco o manteca de cacahuete o algo por el estilo a los *crackers* para que no vuelen muchas migas. Las bebidas también se toman en las bolsas, pasando por la estación de rehidratación.

El agua (no os va a gustar mucho) se recicla a partir del sudor y vapor y además de la orina, ya que cuesta más o menos 10.000\$ llevar un kilo de alimento hasta la EEI. Cuando llega un transbordador o una nave, suelen llevar comida fresca, como fruta y verdura, que les apetece muchísimo, y desde 2015 también hay una máquina de café Lavazza diseñada especialmente para funcionar en la estación: se llama ISSpresso. ¡Incluso han inventado unas tazas 0G!

Los astronautas duermen en un cubículo cada uno y se pueden atar una cuerda para no flotar por todos lados. Como no tienen la sensación de arriba y abajo, hay cubículos en todas las paredes, incluido el 'techo'. También se quieren afeitar y cortar el pelo. ¿Cómo lo hacen? Tienen una maquinilla y un aspirador al lado y tienen que aspirar mientras se cortan el pelo. Las partículas de polvo o el pelo no caen al suelo como en la Tierra: la estación tiene un buen sistema de filtrado, igualmente los astronautas aspiran el aire y limpian entre dos y cuatro horas todas las semanas, los sábados por la mañana. Es interesante tener en cuenta que no se puede una ducha ni lavar la ropa. En lugar de ducharse, se pasan unas toallitas húmedas, se lavan el pelo con champú seco y la ropa solamente pueden cambiarla. En una entrevista, contaban que la estación espacial huele como un viejo gimnasio, pero al final uno se acostumbra rápidamente y ya no se nota.

Por supuesto, se cepillan los dientes, siempre con la boca cerrada, aunque después se tienen que tragar el dentífrico o escupirlo en un pañuelo de papel. Y ahora uno de mis temas favoritos: el retrete. Es un poco asqueroso. Hay dos pequeños aseos a bordo, que se cierran con una puerta de acordeón. Dentro hay un montón de tipos diferentes de papel higiénico y dos artilugios. Hay un tubo amarillo que puedes acercarte a un bote fijo marrón con tapa. El código es el color: según lo que necesites, intentas meterlo todo por ahí. Aunque los dos tienen algo de succión, debe ser complicado hacer pipí y caca, cuando la caca flota, el pis flota y tú mismo

flotas. En los aseos también hay toallitas desinfectantes, para cuando se escapa algo. Por suerte, todo en la estación está anclado a las paredes o se puede fácilmente coger y volver a pegar con velcro.

En el espacio, por la microgravedad, la columna vertebral se alarga, se pierde masa muscular y densidad ósea, así que es importantísimo (de hecho, obligatorio) hacer ejercicio dos horas al día, para mantener la mayor salud posible. Tienen una bici estática sin sillín y otras máquinas para levantar pesas, correr (atadas con un arnés) y hacer todo tipo de ejercicio. Hay ejercicios que en el espacio no se pueden realizar y otros que no existen en la Tierra y sí en el espacio, como por ejemplo subir y bajar con una sola pierna.



La Estación Espacial internacional. Crédito: ISS

Los astronautas también se divierten. Hemos visto al capitán de una misión tocando la guitarra y cantando, otre con un gorrito de navidad y uno que se había llevado Legos para jugar. También juegan con el agua, haciendo burbujas e intentando volar detrás de ellas y tragárselas. En su tiempo libre, la mayoría de astronautas va a un pequeño módulo acristalado que se llama cúpula. De ahí se ve la Tierra. Después de un tiempo, son capaces de reconocer por encima de donde están pasando, aunque esté todo nublado. También se comunican con personas en la Tierra, por motivos de trabajo y también personales, como hablar con sus familias.

Al final de su misión, vuelven a la Tierra con la *Soyuz*, una pequeña nave espacial rusa: hay dos siempre ancladas a la estación. Hay un compartimento para basura que durante el regreso a la Tierra se suelta y se quema al entrar en contacto con la atmósfera. Los astronautas viajan con el traje sobre un asiento construido a medida de sus cuerpos y equipo de emergencia por si aterrizan en un lugar inesperado. A causa de la aceleración, sienten que su peso aumenta muchísimo, como si un luchador de sumo se les sentara encima. Luego aterrizan, generalmente cerca del cosmódromo de Baikonur en Kazajistán, la mayor y más antigua base espacial del mundo.

Un astronauta italiano, Paolo Nespoli, ha escrito un libro titulado *'Dall'alto i problemi sembrano più piccoli'*, o sea *'Desde arriba, los problemas parecen más pequeños'*: para mí es una perspectiva bonita y muy inspiradora. Cuando descubrí lo que era un astronauta, me emocioné y estaba muy feliz: dije que quería convertirme en astronauta e ir al espacio inmediatamente. Cuando mamá me dijo que no se podía tan fácilmente y desde luego no con mi edad, me decepcioné mucho y me dio una llorera tremenda. Me encanta jugar a astronautas, me he fabricado un cohete de cartón y uno de los mejores regalos que he recibido en mi vida fue un viejo casco de moto pintado para poderlo acoplar a mi traje espacial de ropa de esquí. He leído muchos libros y artículos sobre el tema, he entendido cómo se hace un astronauta y me estoy preparando: ojalá pueda tener esta suerte increíble algún día y experimentar esto.

11F: ¿ESA PREGUNTA ES PARA MÍ?



Vuelve “¿Esa pregunta es para mí?” con motivo del 11F, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia.

Este año nos han llegado muchísimas preguntas fascinantes de varias clases de infantil y primaria del CEIP Nuestra Señora de las Angustias y hemos reclutado a cuatro valientes astrónomas (Sara Muñoz Torres, Marie Lou Gendron Marsois, Bea Agís González y Yoli Jiménez Teja) para que nos ayuden a responderlas...

¿Habrán superado el reto?
¡Mira el vídeo y juzga tú!



Enlace al vídeo de YouTube en este QR

ESPACIO 3: LABORATORIO DE CIENCIA Y ARTES ESCÉNICAS

Con Espacio3 proponemos un nuevo concepto de “evento de divulgación científica” y a su vez de “espectáculo teatral”. En una cita fija con la ciencia y las artes escénicas, en la que, una vez al mes, ofrecemos a la audiencia, de manera simultánea, tres veces en el mismo día, una actividad de divulgación, un microteatro-científico y una impro-científica.

Espacio3 es, sobre todo, un laboratorio de ciencia y artes escénicas, divulgación y creatividad, donde investigadores, divulgadores y compañías teatrales, comparten sus técnicas para comunicar, para expresar, para sorprender y, en definitiva, para emocionar.

Al fin y al cabo, divulgar ciencia, interpretar una escena o improvisar un diálogo son solo tres formas distintas de contar una historia y con esta idea queremos jugar en Espacio3.

Espacio3 es una fábrica para la producción cultural, donde la ciencia es la protagonista. No queremos distribuir un solo concepto, resultado o historia: nuestra programación quiere abordar diferentes temas. Como en un collar, cada obra, cada perla, tiene su identidad científica, a fin de llegar, de divertir, de entusiasmar al público, sin perder por ello el rigor científico.

Por tanto, como en una trenza que en cada paso se estrecha, en Espacio3 se interconectan técnicas, artistas, científicos y divulgadores en un entorno inmersivo a servicio de las historias que se quieren contar, con citas periódicas. Espacio3 es ciencia, artes escénicas, divulgación y creatividad en una experiencia única.

Un viernes al mes, en el Palacio del Almirante del Albaicín, podéis disfrutar de este espacio de interacción, creación y experimentación.

Espacio3 es un proyecto liderado por el IAA-CSIC en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), La Madraza, Centro de Cultura Contemporánea de la Universidad de Granada (UGR) y dos compañías teatrales, La Carpintería y El Apeadero.



Visita la web de Espacio 3 a través de este Código QR



EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA ONLINE

REDES SOCIALES



@iaa_csic



@iaa.comunicación



@iaaudc



ENLACES DE INTERÉS