75
MARZO DE 2025
revista.iaa.es

IAA

Información y actualidad astronómica

Revista de divulgación del Instituto de Astrofísica de Andalucía

Buscando los ladrillos de la vida en el espacio

50 IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
EXCELENCIA SEVERO OCHOA
CSIC

Joven región cercana de formación estelar en la nebulosa de Carina. Crédito: NASA, ESA, CSA, STScI

Comité de redacción: Emilio J. García, Celia Navas, Amanda López, Sebastiano de Franciscis, Sara Cazzoli, Gabriella Gilli, Rainer Schödel y Roberto Varas. **Diseño:** Silbia López de Lacalle y Celia Navas. **Edición y maquetación:** 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

Buscando los ladrillos de la vida en el espacio ... 3
Un “baile” de instrumentos que no cesa: El Plan Instrumental del Gran Telescopio CANARIAS ... 8
Escuchando las galaxias: una nueva herramienta para explorar el universo ... 12
El Moby Dick de ... Elham Ziaali (IAA-CSIC) ... 16
Deconstrucción. *Sunrise III*, un nuevo horizonte en la exploración solar ... 18
Actualidad ... 20
De Islandia a la Luna: un viaje científico hacia el Espacio ... 26
Deborah Dultzin Kessler, la niña que miraba las estrellas ... 28
Destacados y recomendados ... 30

El CTAO se consolida como Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación

El *Cherenkov Telescope Array Observatory* (CTAO) avanza significativamente en su camino para convertirse en el observatorio más grande y poderoso del mundo especializado en astronomía de rayos gamma. La Comisión Europea oficializó en enero el establecimiento del CTAO como un Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación (ERIC, por sus siglas en inglés), un reconocimiento que no sólo acelera la construcción del observatorio, sino que también garantiza un marco sólido para la distribución global de sus valiosos datos científicos.

El Consorcio Europeo proporciona a la Organización Central del CTAO un marco formal para aceptar y operar los prototipos actuales de telescopios, y permite el inicio inmediato de la construcción del conjunto completo de más de 60 telescopios en sus emplazamientos de La Palma (España) y de Chile.

Los países que conforman el CTAO ERIC son Alemania, Austria, Eslovenia, España, Francia, Italia, Observatorio Europeo Austral (ESO), Polonia y la República Checa. Además, Suiza participa como Observador, Japón como Socio Estratégico y Australia como Miembro Externo.

La comunidad española, compuesta por las instituciones CERES-UAB, CIEMAT, IAA-CSIC, IAC, ICCUB, ICE-CSIC, IFAE, IFT-UAM, IPARCOS-UCM, PIC, UAH y UJA, ha contribuido de manera significativa en la construcción y puesta a punto de los diferentes componentes del observatorio, así como en el desarrollo de software y en la definición de los objetivos científicos del proyecto.

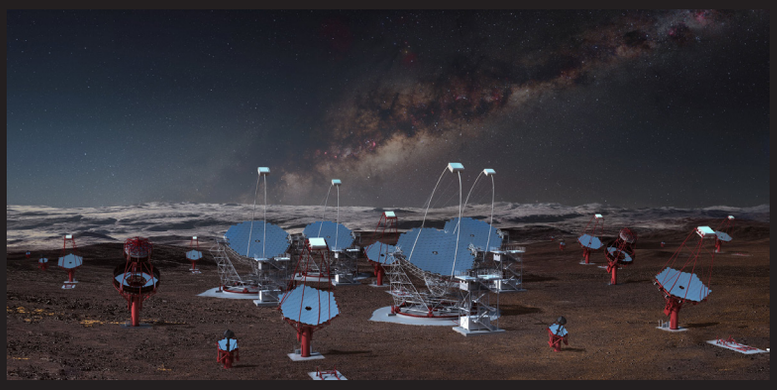
En concreto, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) se ocupa del desarrollo del *software* necesario para el análisis de datos de los telescopios LST, así como de los sistemas comunes del observatorio, como el *Data Processing and Preservation System* y el *Science User Support System*. Asimismo, lidera el estudio científico de núcleos activos de galaxias, objetos galácticos compactos y sus entornos.

CTAO: UNA PRECISIÓN INIGUALABLE EN SU CAMPO

El CTAO, con su incomparable precisión y su amplio rango de energía, será clave para abordar algunas de las preguntas más fascinantes de la astrofísica. Su investigación se centrará en tres grandes áreas: desentrañar el origen y la función de las partículas cósmicas relativistas, explorar entornos extremos como agujeros negros y estrellas de neutrones, y ampliar las fronteras de la física mediante la búsqueda de materia oscura o posibles desviaciones de la teoría de la relatividad de Einstein.

Además, el CTAO desempeñará un papel clave en el campo de la astronomía de múltiple longitud de onda y múltiples mensajeros en las próximas décadas. Su rendimiento superior permitirá obtener información crucial sobre rayos gamma, esencial para investigar los entornos más extremos del universo.

Es un proyecto de *Big Data*, que generará cientos de petabytes (PB) de datos al año, y comprometido con la Ciencia Abierta. Operará como un observatorio abierto, basado en propuestas de observación, y ofrecerá acceso público a sus datos científicos de alto nivel y a productos de *software*, promoviendo la colaboración global.

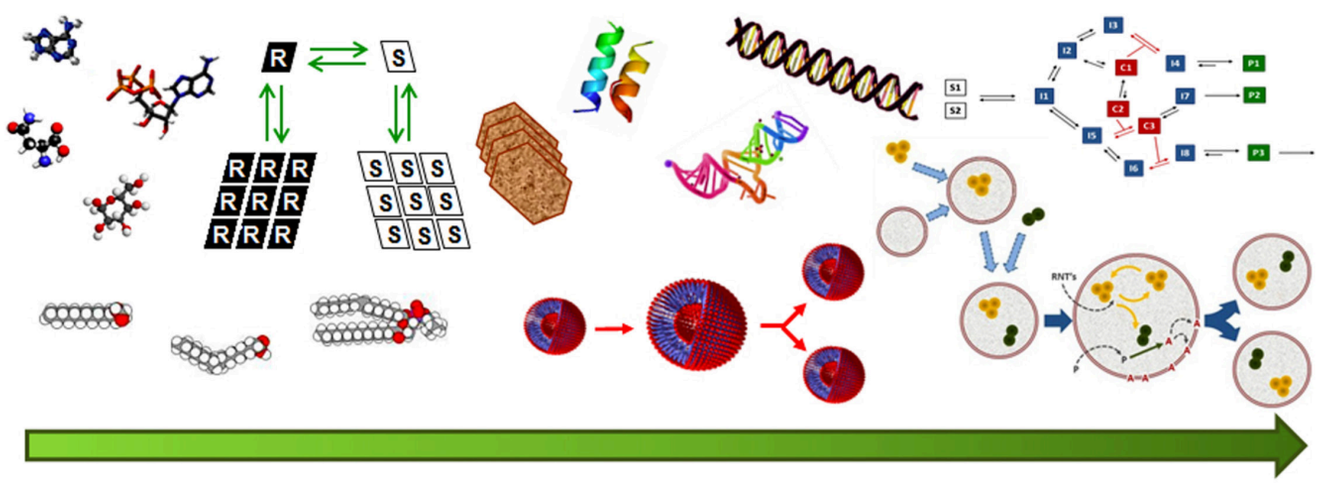


Telescopios CTAO. Créditos: Gabriel Pérez Diaz (IAC) /Marc-André Besel (CTAO)/ESO/ N. Risinger (skysurvey.org)

REPORTAJE

Buscando los ladrillos de la vida en el espacio

Por Izaskun Jiménez-Serra
Investigadora Principal del proyecto ERC OPENS
Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA)



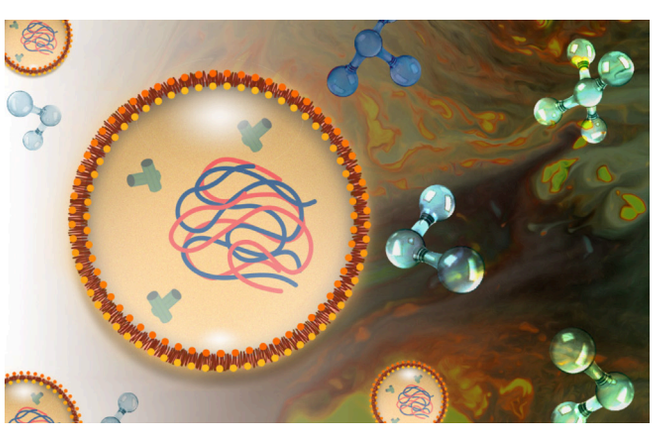
Secuencia evolutiva de cómo se piensa que las primeras moléculas precursoras de biomoléculas formaron los primeros sistemas replicativos, metabólicos y membranas. Créditos: Extraído de Ruiz-Mirazo et al. Chem. Rev. 2014, 114, 285

En una de sus citas más conocidas, Carl Sagan afirmó que "estamos hechos de material de estrellas". En efecto, desde "el nitrógeno que encontramos en nuestro ADN" hasta "el hierro presente en nuestra sangre", procede de las estrellas. Sin embargo, el proceso por el cuál estos elementos se unieron para formar las primeras biomoléculas y estas, a su vez, el primer ente vivo, sigue siendo un misterio.

El proceso del origen de la vida viene caracterizado por saltos o transiciones hacia sistemas químicos cada vez más complejos. La química prebiótica es la rama de la Química que intenta explicar cómo ocurrieron estos primeros pasos hacia la complejidad en ambientes acuosos en una Tierra primitiva. En los últimos años, este campo de la Astrobiología ha experimentado un gran avance.

Los nuevos esquemas químicos de química prebiótica proponen escenarios en los que partiendo de moléculas sencillas como cianuro de hidrógeno (HCN) o formaldehído (H_2CO), se pudieron haber formado las primeras biomoléculas como ribonucleótidos (unidades elementales del ARN, formadas por una molécula de ribosa, una nucleobase, y un grupo fosfato), amino ácidos y proto-lípidos. Estas moléculas se conocen como los "ladrillos de la vida".

El gran reto de la química prebiótica en la actualidad consiste en entender cómo esas biomoléculas pudieron asociarse para formar los primeros sistemas químicos complejos con funcionalidad, es decir, que pudieran realizar las funciones básicas de la vida como son el metabolismo, la replicación y la compartimentalización (o generación de membranas). El mayor problema de estas nuevas teorías es que, o bien están altamente dirigidas hacia el resultado final, o bien introducen compuestos de forma ad-hoc (por ejemplo, azúcares sencillos) que son difíciles de sintetizar en el laboratorio bajo las condiciones químicas y físicas de una Tierra temprana. Entonces, ¿cómo es posible que se pudieran formar los ladrillos de la vida? Una posible solución es que una fracción importante del material prebiótico se formó en el espacio y fueron transferidos a la superficie de nuestro planeta por el impacto de meteoritos y cometas.



Génesis del primer ente vivo a partir de reacciones químicas en medios acuosos representativos de una Tierra primitiva. Créditos: Bárbara Castrejón, DGDC-UNAM

QUÉ HEMOS APRENDIDO DE LAS MISIONES ESPACIALES A ASTEROIDES Y COMETAS

Las recientes misiones espaciales *Rosetta* de la ESA, *Hayabusa2* de la agencia espacial japonesa JAXA, y *OSIRIS-Rex* de la NASA, han revelado que parte de esos compuestos prebióticos se pudieron haber formado en el espacio. Glicina, el aminoácido más sencillo, se ha encontrado en la composición química del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko; la nucleobase nitrogenada del ARN uracilo (U) se ha detectado en las muestras traídas a la Tierra del asteroide Ryugu; mientras que las cuatro nucleobases del ADN (adenina, citosina, guanina y timina) y 14 de los 20 aminoácidos presentes en la vida, se han identificado en las muestras del asteroide Bennu.

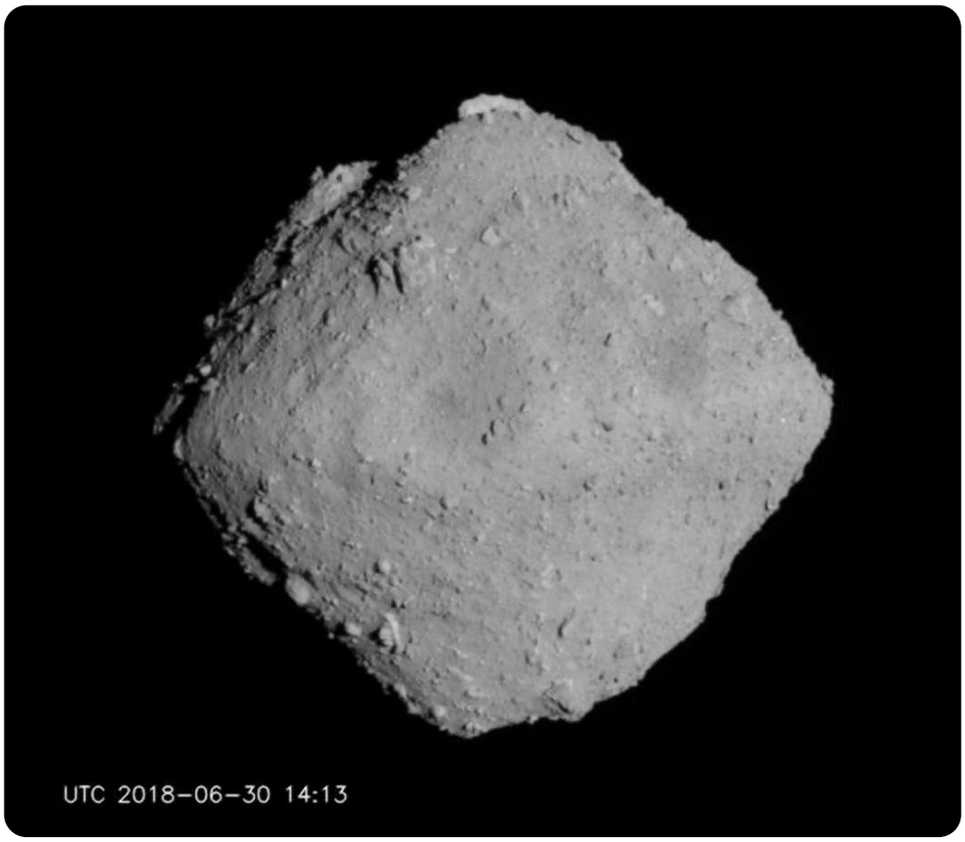


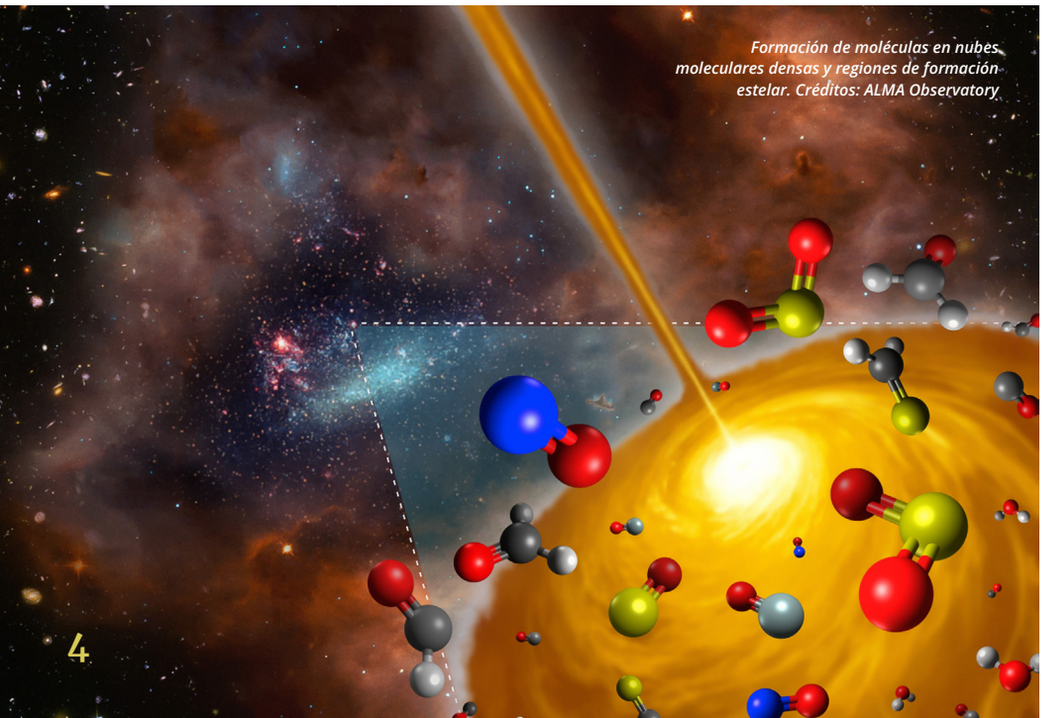
Imagen del asteroide Ryugu, que fue visitado por la misión Hayabusa2 de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA). Créditos: JAXA, U. of Tokyo, Kochi U., Rikkyo U., Nogoya U., ChibaTech, Meiji U., U. of Aizu, AIST

En la actualidad hay un gran interés en el campo de la Astroquímica para entender qué compuestos prebióticos se pueden formar en las nubes moleculares del medio interestelar

Parte de estos compuestos orgánicos complejos podrían proceder de la fase pre-solar, es decir, de antes de que se formara el Sol. Este es el caso del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (un cometa de la familia de Júpiter y cuyo origen se encuentra en el cinturón de Kuiper), para el que se cree que estos compuestos orgánicos complejos se formaron en la nube molecular interestelar parental que dio lugar a nuestro Sistema Solar. Por lo tanto, en la actualidad hay un gran interés en el campo de la Astroquímica para entender qué compuestos prebióticos se pueden formar en las nubes moleculares del medio interestelar.

LA ASTROQUÍMICA Y EL MEDIO INTERESTELAR

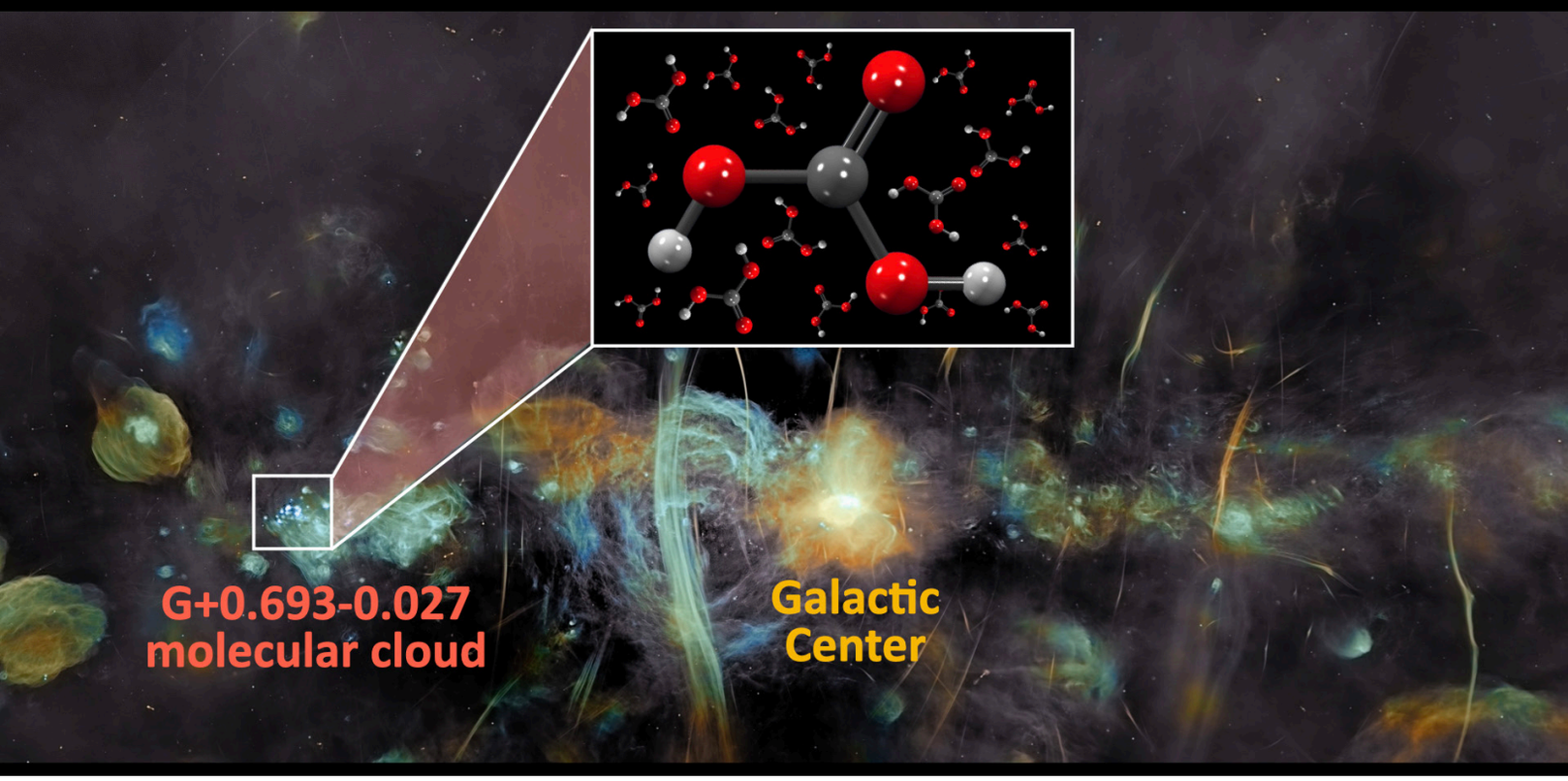
La astroquímica es la disciplina dentro de la astrofísica que se encarga del estudio de la abundancia de moléculas en el espacio y de su interacción con la radiación. Uno de los medios donde encontramos moléculas en el espacio es el medio interestelar, que se define como aquellas regiones entre las estrellas de una misma galaxia. En el medio interestelar podemos encontrar nubes moleculares densas que aparecen como zonas oscuras en imágenes tomadas con telescopios ópticos. Estas nubes aparecen oscuras porque, además de moléculas, presentan partículas de polvo interestelar que absorben de forma muy eficiente la luz en el rango del óptico y del ultravioleta.



Formación de moléculas en nubes moleculares densas y regiones de formación estelar. Créditos: ALMA Observatory

Hasta la fecha, se han descubierto más de 330 moléculas en el medio interestelar, de las que aproximadamente el 50% son compuestos orgánicos complejos

Las condiciones físicas de estas nubes moleculares son extremas, con presiones muy bajas (de ultra-alto vacío) y temperaturas cercanas al cero absoluto (10 K). A pesar de estas condiciones extremas, las nubes moleculares son una fábrica extraordinaria de generar compuestos químicos. Hasta la fecha (10/03/2025), se han descubierto más de 330 moléculas en el medio interestelar, de las que aproximadamente el 50% son compuestos orgánicos complejos. Algunos de estos compuestos son de interés prebiótico, lo que ha suscitado un gran entusiasmo en



Detección de ácido carbónico en una nube molecular densa en el centro de la Vía Láctea por el grupo de "Complejidad Química y Formación Estelar" en el CAB. Créditos: Ian Heywood (Oxford U.), SARAO / Juan Carlos Muñoz-Mateos (ESO) / Víctor M. Rivilla (CAB) & Miguel Sanz-Novo (CAB & UVa)

la comunidad astroquímica.

EL MEDIO INTERESTELAR COMO ORIGEN DE COMPUESTOS PREBIÓTICOS

En los últimos años, en el grupo de "Complejidad química y formación estelar" en el Centro de Astrobiología (CAB), hemos desarrollado un nuevo proyecto para entender si los compuestos precursores de los ladrillos de la vida se pueden formar en las condiciones del medio interestelar. Para ello, guiamos la búsqueda de esos compuestos moleculares empleando los esquemas químicos propuestos en teorías de química prebiótica y del origen de la vida. En particular, nos hemos centrado en los esquemas de formación de ribonucleótidos en el contexto de un mundo ARN primordial, en el que las primeras formas de vida dependen únicamente del ARN que almacena información genética y que cataliza reacciones químicas.

Gracias a este enfoque novedoso, nuestro grupo en el CAB ha descubierto no sólo precursores clave en la formación de ribonucleótidos como, por ejemplo, urea (NH_2CONH_2), hidroxilamina (NH_2OH), o glicolonitrilo ($HOCH_2CN$), sino también precursores en la formación de proto-lípidos (etanolamina, $NH_2CH_2CH_2OH$, o propanol, n-C_3H_7OH), amino ácidos (amina vinílica, $C_2H_3NH_2$, y amina etílica, $C_2H_5NH_2$), y otras especies clave en la síntesis de proto-proteínas (ácido mono-tiofórmico, HC(O)SH, o isocianato de etilo, C_2H_5NCO).

Para realizar todas estas nuevas detecciones, nuestro grupo ha obtenido barridos espectroscópicos ultra-sensibles en el rango de longitudes de onda del radio con los telescopios de 40m de diámetro de Yebes y de 30m de diámetro del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), hacia una nube molecular densa situada en el centro de la Vía Láctea, que constituye uno de los mayores repositorios de material orgánico complejo en nuestra Galaxia. En total, desde 2019 hemos reportado la detección de 25 nuevas especies moleculares en el medio interestelar.

> **Hasta ahora sólo nos hemos centrado en la búsqueda de moléculas relativamente pequeñas y desconocemos si moléculas prebióticas de mayor complejidad también están presentes en el medio interestelar**

Sin embargo, estas especies representan la punta del iceberg, ya que nuestros estudios espectroscópicos de alta sensibilidad aún no han alcanzado el límite de confusión en líneas moleculares. Además, hasta ahora sólo nos hemos centrado en la búsqueda de moléculas relativamente pequeñas y, por lo tanto, desconocemos si moléculas prebióticas de mayor complejidad también están presentes en el medio interestelar.

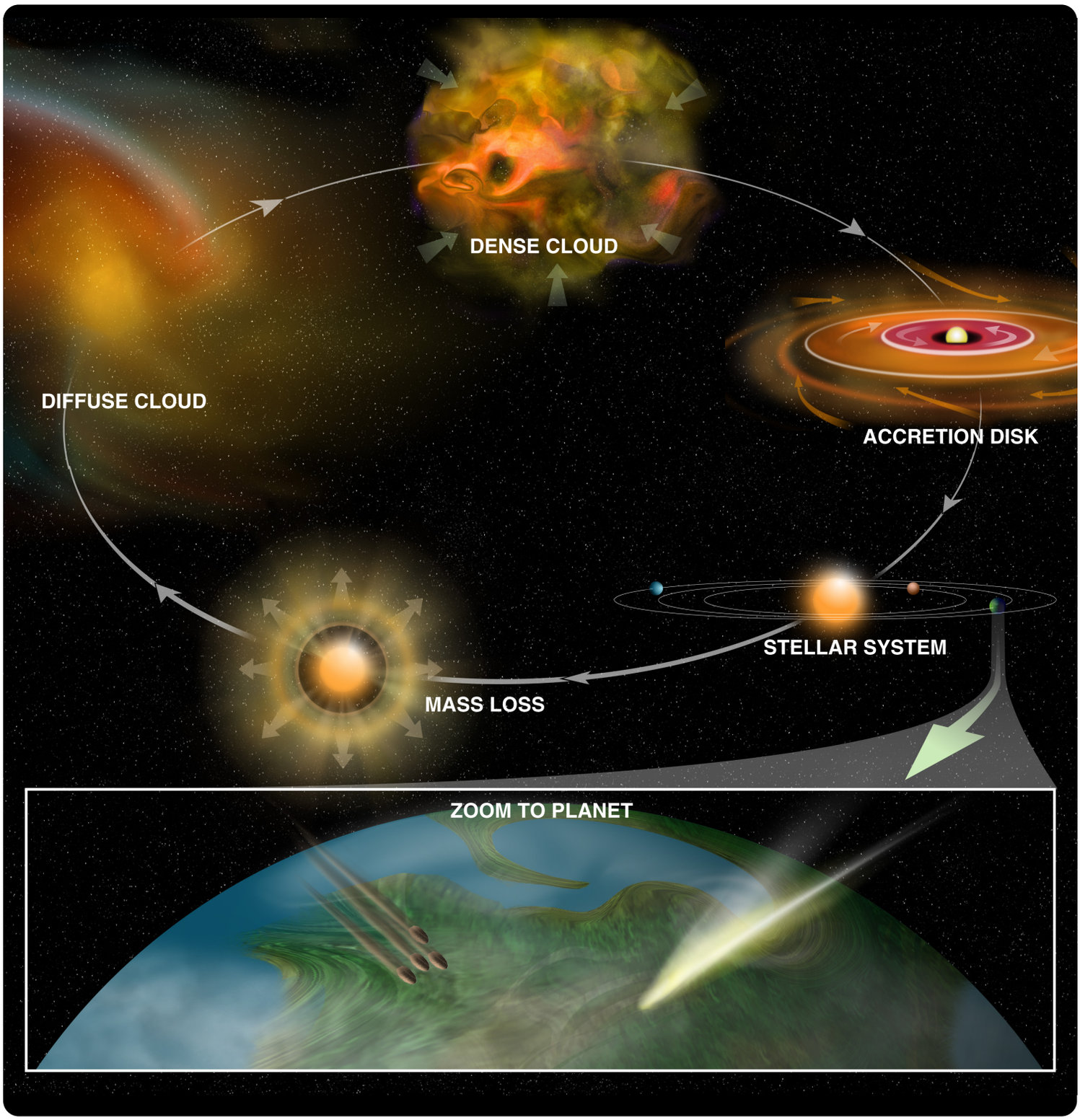
LA CONEXIÓN ENTRE EL MEDIO INTERESTELAR Y EL ORIGEN DE LA VIDA

La formación de estos compuestos prebióticos en el medio interestelar representa un avance en nuestra comprensión del complejo proceso del origen de la vida. En efecto, la detección de estos compuestos implica que podrían ser incorporados posteriormente a objetos menores del Sistema Solar como asteroides y cometas.

Este material prebiótico habría alcanzado la superficie de nuestro planeta a través del impacto de cometas y meteoritos durante el periodo de bombardeo masivo tardío (del inglés "Late Heavy Bombardment period") que experimentó la Tierra hace 4100-3800 millones de años.

Se estima que la cantidad de material orgánico que pudo llegar a la superficie de nuestro planeta durante este periodo es de 10^{16} - 10^{18} kg, una cifra considerable teniendo en cuenta que la cantidad actual de materia orgánica presente en la biosfera es de $6x10^{14}$ kg. El hecho de que la vida surgió poco después de este periodo sugiere que la llegada de todo este material prebiótico podría haber iniciado la génesis de las primeras biomoléculas.

> **La llegada de material prebiótico podría haber iniciado la génesis de las primeras biomoléculas**



Formación de material prebiótico en nubes moleculares y transferencia de este material a objetos menores de sistemas planetarios (asteroides y cometas) que impactan finalmente con la superficie de un planeta habitable. Crédito: Bill Saxton (NRAO/AUI/NSF)

En este contexto, el proyecto OPENS (the Onset of Prebiotic chEmistry iN Space), que ha sido recientemente seleccionado por el European Research Council (ERC), buscará aquellos compuestos prebióticos que se forman en el medio interestelar. Asimismo, estudiará no sólo sus procesos de formación, sino también los procesos de destrucción, determinando la probabilidad de supervivencia de los mismos y cuáles de ellos son transferidos a sistemas planetarios jóvenes.

La detección en el medio interestelar de los compuestos esenciales para el origen de la vida en OPENS representará un gran avance en astroquímica, abriendo un nuevo campo de investigación en el que la química de los componentes básicos de la vida podrá estudiarse directamente en el espacio.

Esto nos permitirá comprender cómo pudo originarse la vida en nuestro planeta y qué probabilidades tiene de que surja en otros lugares del Universo.

OPENS

Funded by the European Union

European Research Council
Established by the European Commission

OPENS buscará aquellos compuestos prebióticos que se forman en el medio interestelar y estudiará sus procesos de formación y destrucción

Proyecto OPENS

La nube molecular de Rho Ophiuchi, la región de formación estelar más cercana a la Tierra, capturada por el telescopio espacial James Webb. En rojo se muestra el hidrógeno molecular. Crédito: NASA, ESA, CSA, STScI, K. Pontoppidan (STScI), A. Pagan (STScI)

REPORTAJE

Un “baile” de instrumentos que no cesa

El Plan Instrumental del Gran Telescopio Canarias

Por Antonio Luis Cabrera Lavers (Gran Telescopio Canarias - GTC)

EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC), TAMBIÉN CONOCIDO COMO GRANTECAN, CON SUS 10.4 METROS DE ESPEJO PRINCIPAL, ES ACTUALMENTE EL MAYOR TELESCOPIO ÓPTICO E INFRARROJO EN OPERACIÓN Y SE ENCUENTRA SITUADO EN EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM), EN LA ISLA DE LA PALMA

Imagen nocturna del Observatorio del Roque de los Muchachos, donde puede apreciarse el GTC en primer plano y los telescopios TNG, NOT, WHT al fondo (de derecha a izquierda siguiendo la traza de la Vía Láctea). Créditos: Antonio Marante

Desde el mismo momento de su diseño, en la década de los años 90 del siglo pasado, el GTC fue concebido como una instalación de propósito general, altamente versátil, que pudiera trabajar desde el corte atmosférico ultravioleta hasta el rango infrarrojo medio, atendiendo de este modo a un amplio abanico de campos científicos diferentes. Para esto, fue considerado el uso de distintas estaciones focales: dos focos Nasmyth, dos focos Cassegrain doblados, un foco Cassegrain principal, además de un foco Coudé adicional bajo la base del telescopio, permitiendo que el GTC fuera capaz de albergar varios instrumentos simultáneamente, siendo posible cambiar de un instrumento a otro en el orden de pocos minutos durante las operaciones nocturnas.

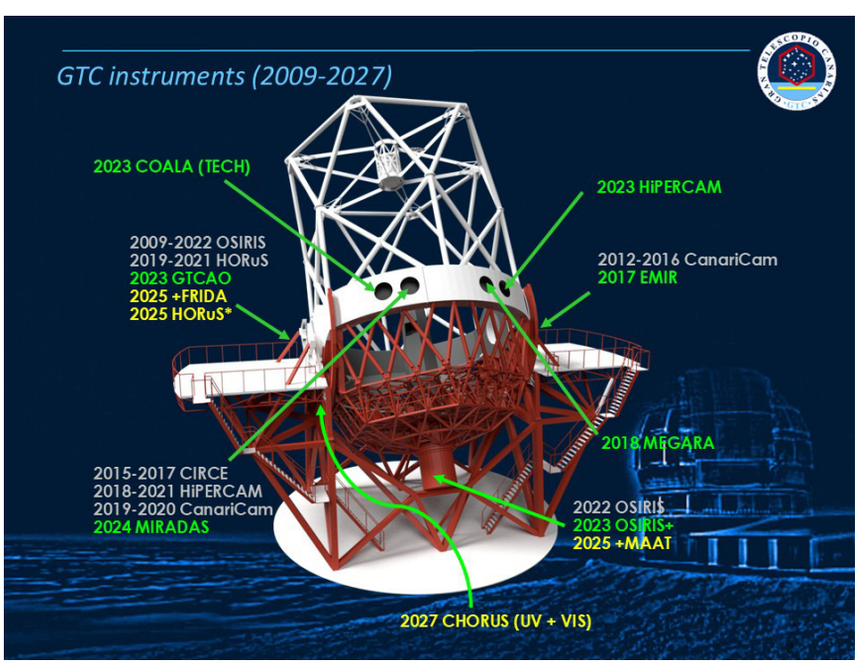


Figura 1: Evolución de la configuración instrumental del GTC desde el comienzo de la operación científica del telescopio en 2029. En verde se muestran los instrumentos actualmente instalados, en amarillo los instrumentos en desarrollo y en gris aquellos instrumentos que han sido reubicados o decomisionados. Créditos: GTC

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DEL GTC

La figura 1 muestra un esquema de la configuración de los diferentes instrumentos científicos del GTC, incluyendo tanto los instrumentos actualmente operativos como los instrumentos en desarrollo y los que ya han sido decomisionados. Como fácilmente puede deducirse de la imagen, el plan instrumental del GTC ha sido altamente exigente y ha supuesto un reto significativo para el equipo de operaciones del telescopio, que ha tenido que mantener la operatividad de la instalación al mismo tiempo que se recibía nueva instrumentación para su puesta en marcha.

Desde el comienzo de las operaciones nocturnas del GTC, en marzo de 2009, se contabilizan 15 actuaciones con respecto a la instrumentación, lo que arroja un promedio de una por año, claramente por encima de lo recomendable para una operación estable, pero un reto que desde GRANTECAN se ha podido cumplir hasta la fecha con eficacia y dedicación.

En la siguiente Tabla se muestra un resumen de las propiedades básicas de la instrumentación científica disponible en el GTC, tanto en la actualidad como a corto plazo (2025-2028). En caso necesario, se puede acudir a la web del telescopio para encontrar información más completa y detallada.

INSTRUMENTO	RANGO (NM)	ESTACIÓN FOCAL	CARACTERÍSTICAS
En operación			
OSIRIS+	360 - 1000	Cassegrain	7.8'x7.8' FOV.Imagen banda ancha / media. Espectroscopia de rendija larga y MOS con R=300 – 2500. Desde 2025 incluye MAAT (IFU en 10"x7" FOV).
EMIR+	960 - 2450	Nasmyth-A	6.67'x6.67' FOV.Imagen banda ancha / estrecha. Espectroscopia de rendija larga y MOS con R=1000, 4000, 5000.
MEGARA	400 - 1000	Folded Cass-F	3.5'x3.5' FOV (MOS)12.5"x11.3" FOV (IFU)R=5500, 10000, 20000.
GTCAO	1000 - 2500	Nasmyth-B	Sistema AO monoconjugado, en commissioning. Incorporará LGS en 2026. De uso conjunto con FRIDA.
HiPERCAM (instrumento visitante)	360 - 1000	Folded Cass-G	2.8'x1.4' FOVImagen multibanda simultánea (ugriz) y ultrarrápida.
En desarrollo			
MIRADAS	1000 - 2500	Folded Cass-E	MOS (12 brazos) con R=20000.Cada brazo tiene 3.7"x1.2" FOV. Espectropolarimetría (SO).
FRIDA	1000 - 2500	Nasmyth-B	Asistida por GTCAO. Imagen en banda ancha / media / estrecha en 40"x40" FOV.IFU con R=1000 a 32000 sobre 0.6"x.0.64" FOV, 1.2"x1.28" FOV, o 2.4"x2.56" FOV.
CHORUS	310 - 420420 - 780	bajo Nasmyth-BFoco Coudé	Espectrógrafo single-object (alimentado con fibras).R>20000.R=110000.

El plan instrumental del GTC ha sido altamente exigente y ha supuesto un reto significativo para el equipo de operaciones del telescopio

INSTRUMENTOS ACTUALES DEL GTC

En 2025, GTC ofrece para la operación científica cuatro instrumentos diferentes: OSIRIS+, EMIR+, MEGARA e HiPERCAM, además de estar completando el comisionado de GTCAO en el telescopio en previsión de la llegada de FRIDA a mediados de año.

OSIRIS es el instrumento más demandado del GTC y permite realizar observaciones en modo imagen y espectroscopía (tanto de rendija larga como multiobjeto) en el óptico. OSIRIS fue el instrumento de primera luz del telescopio (2009) y desde entonces ha sido su instrumento más usado y exitoso. Hasta la fecha, más del 80% de los datos y más del 85% de las publicaciones científicas del GTC han sido obtenidas con OSIRIS, y el interés de la comunidad en su explotación científica ha impulsado diversas mejoras en sus prestaciones: en primer lugar, su reubicación en el Foco Cassegrain en 2022 y, en segundo lugar, la inclusión en 2023 de un detector óptico monolítico con una notable mejora en sensibilidad en el azul. La combinación de ambas prestaciones nos deja un instrumento más sensible que nunca, que permite llegar realmente al límite de las capacidades del telescopio (OSIRIS+).

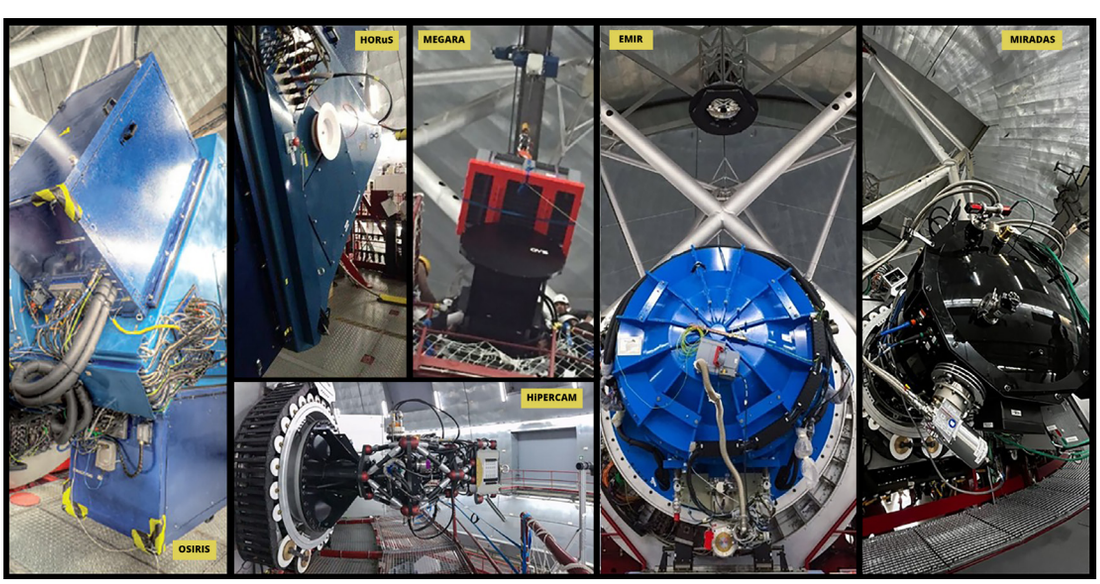
Con el objeto de mejorar aún más la versatilidad del instrumento, en 2025 se espera la incorporación del módulo MAAT dentro de OSIRIS. Este módulo (IFU), permitirá realizar espectroscopía 2D en un campo de visión de 10"x7" con una resolución ligeramente mejor que la definida originalmente en OSIRIS (hasta 3500), y con un diseño puramente reflectivo que evitará las pérdidas de luz del objeto científico, mejorando aún más la sensibilidad de OSIRIS en todo el rango óptico.

EMIR es el principal instrumento del GTC para trabajar en el rango infrarrojo, permitiendo realizar observaciones en modo imagen y en modo espectroscopía (rendija larga y multiobjeto) gracias al uso de un sistema operado en ambiente criogénico de 55 rendijas, que son configurables de forma automática en un intervalo de minutos. En 2023 el instrumento incorporó, al igual que OSIRIS, un nuevo detector H2RG, que permitió mejorar de forma notable su sensibilidad en la observación de fuentes débiles. Ambos detectores (tanto el de OSIRIS+ como el de EMIR+) fueron caracterizados y desarrollados en el Laboratorio LISA del Instituto de Astrofísica de Canarias.

HiPERCAM es un instrumento visitante desarrollado para el GTC por Vik Dhillon (Universidad de Sheffield). Se trata de una cámara óptica que permite la observación simultánea en 5 bandas diferentes (ugriz) de modo ultrarrápido con un ritmo superior a 1 MHz. Montado de forma temporal en el foco Folded Cass-E, HiPERCAM resultó ser un instrumento muy exitoso en su combinación con la insuperable capacidad colectora del GTC, pues permite obtener series temporales de grandísima calidad sin tiempos de lectura entre exposiciones. Por este motivo, a raíz de la demanda de la comunidad, HIPERCAM fue reubicada en 2023 en una estación focal dedicada (Folded Cass-G) de forma permanente. Esto supuso la necesidad de desarrollar exprofeso un rotador para permitir su uso en el limitado espacio disponible junto a la estación focal ocupada por MEGARA.

MEGARA ofrece la posibilidad de obtener espectroscopía bidimensional en el óptico, bien en su modo IFU (12.5"x11.3") o en su modo multiobjeto que emplea hasta 100 posicionadores robóticos con un campo de visión de 3.5'x3.5'. MEGARA incluye una componente de plano focal en la estación focal Folded Cass-F, y un espectrógrafo localizado en la Nasmyth-A, en la que mediante el uso de VPHs de alta eficiencia se pueden obtener espectros con resoluciones R=5500, 10000, o 20000.

GTCAO es el Sistema de Óptica Adaptativa del GTC. Se trata de un sistema de AO monoconjugado basado en un sensor de frente de onda Shack-Hartmann, trabajando en rango óptico. Para un seeing promedio de 0.65", se espera que proporcione un Strehl ratio de



Conjunto de instrumentos actualmente instalados en el GTC. Créditos: GTC

Imagen profunda de OSIRIS obtenida con una combinación de filtros intermedios del programa SHARDs. La magnitud límite para fuentes puntuales alcanza 27.5 mag en bandas de 170 nm de ancho. Créditos: Daniel López / GTC

~0.60 en la banda K, con estrellas guía de m(R) = 6-12 y hasta ~0.30 para m(R) = 15. GTCAO se instaló en el GTC en verano de 2023 y, desde entonces, se trabaja en su puesta a punto, así como en la mejora de las prestaciones del telescopio necesarias para poder explotar todas las capacidades del sistema en la operación científica. Para ello, contamos desde 2024 con la ayuda de un instrumento técnico de alineado diurno (COALA) que mejorará la eficiencia del alineado de los espejos del primario durante la operación nocturna. GTCAO está diseñada para trabajar tanto con guía natural como con guía láser (sistema que será instalado en el telescopio en 2025-2026), lo que redundará en una mayor versatilidad del componente de GTCAO.

INSTRUMENTOS EN DESARROLLO (2025-2027)

MIRADAS es un espectrógrafo echelle multiobjeto desarrollado por la Universidad de Florida que opera con una resolución R=20000 en el rango infrarrojo. Permite acceder a objetos en un campo de visión de 5′ mediante el uso de brazos articulados y observar diferentes objetos a esta resolución mediante el uso de diferentes combinaciones de multiplexado y cobertura espectral. MIRADAS está actualmente en periodo de pruebas en el laboratorio del GTC, y se espera que durante 2025 se instale en la estación focal Folded Cass-E para su comisionado en cielo.

FRIDA es el instrumento que será alimentado por el componente de GTCAO en el foco Nasmyth y fue diseñado, fabricado e integrado en el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Permitirá obtener imagen y espectroscopía 3D trabajando al límite de difracción del GTC (0,04″ en la banda K) con un muestreo adecuado. FRIDA incorpora un espectrógrafo de campo integral basado en un rebanador de imagen reflectivo y diferentes cámaras que permiten acceder a diferentes escalas espaciales en el cielo. Actualmente se encuentra en las fases finales del proyecto y se espera su envío al GTC para mediados de 2025.

La posibilidad de hacer espectroscopía de alta resolución (R>100000) era una capacidad no cubierta en el plan instrumental original del GTC. Por este motivo, GRANTECAN y el Observatorio Nacional de China (NAOC) firmaron un acuerdo en 2016 para cubrir este vacío, al tiempo que se impulsaba la colaboración científica y tecnológica entre China y la comunidad del GTC. Bajo este acuerdo, NAOC está desarrollando un espectrógrafo de alta resolución, **CHORUS**, que experimentó su fase de Diseño Preliminar en 2023 y se espera en el GTC a finales de 2027.

CHORUS es un espectrógrafo de alta resolución (R=110000) ultraestable, diseñado para observaciones de fuentes puntuales y optimizado para alcanzar medidas de velocidad radial muy precisas (hasta 10 cm/s) en el rango visible (420-720 nm). Además, dispondrá de un espectrógrafo ultravioleta complementario que podrá usarse de forma simultánea con el espectrógrafo visible cubriendo el rango de 310 a 420 nm con una resolución de R=20000. Los principales objetivos científicos que guían el diseño de CHORUS serán la búsqueda de exo-Tierras y obtener medidas precisas de la química estelar.

> **Se podría pensar que el telescopio dispone ya en la actualidad de un abanico instrumental suficiente para dar soporte a la comunidad de usuarios. Nada más lejos de la realidad.**

INSTRUMENTACIÓN FUTURA (2030+)

A la vista del plan instrumental del GTC a corto plazo, se podría pensar que el telescopio dispone ya en la actualidad de un abanico instrumental suficiente para dar soporte a la comunidad de usuarios. Nada más lejos de la realidad.

El Comité Asesor del GTC ha definido las líneas de actuación para el desarrollo instrumental del telescopio para finales de esta década, con el objetivo de definir la estrategia adecuada que permita aumentar la competitividad del GTC en los próximos años en el contexto de los intereses científicos de la comunidad del GTC, las fortalezas del telescopio y su ubicación en el ORM, las prestaciones que ofrece actualmente a la comunidad, y las capacidades competitivas existentes en el resto de observatorios, teniendo en cuenta que en esta década se pondrán en marcha potentes instalaciones telescópicas tanto en tierra como en el espacio. Estas líneas de actuación incluyen dos líneas diferentes de desarrollo:

1. Ampliar las capacidades de la Óptica Adaptativa en el GTC mediante el upgrade del sistema a un modo doble-conjugado, con la consiguiente adaptación de FRIDA a dicha actualización.

2. Desarrollar un instrumento capaz de realizar observaciones en modo imagen y espectroscopía desde el ultravioleta al infrarrojo cercano de forma simultánea, con el objeto de disponer de un instrumento capaz de seguir fenómenos transitorios en el Universo y proporcionar observaciones de alta eficiencia para programas científicos que requieran una amplia cobertura espectral.

Estas nuevas mejoras instrumentales permitirán, sin duda, que el GTC continúe mostrando un alto nivel de prestaciones en los próximos 10-15 años, manteniéndose como una instalación telescópica puntera de nuestro país por mucho más tiempo.

Imagen del GTC durante las observaciones nocturnas. Se puede ver la Vía Láctea reflejada en los segmentos del espejo primario, compuesto por 36 espejos hexagonales de 1.9 metros aproximadamente. Créditos: Antonio Marante

REPORTAJE

Escuchando las galaxias: una nueva herramienta para explorar el universo

IMAGINA POR UN MOMENTO QUE PUDIERAS ESCUCHAR EL UNIVERSO. NO SOLO VERLO A TRAVÉS DE TELESCOPIOS O REPRESENTACIONES GRÁFICAS, SINO ESCUCHAR SUS SECRETOS, SUS PATRONES Y SUS HISTORIAS. ESTA IDEA, QUE PARECE SACADA DE LA CIENCIA FICCIÓN, ES HOY UNA REALIDAD GRACIAS A LA SONIFICACIÓN, UNA TÉCNICA QUE TRANSFORMA DATOS CIENTÍFICOS EN SONIDO

Por Rubén García–Benito (IAA-CSIC)

En un mundo donde la visualización de datos ha dominado el análisis científico, la sonificación emerge como una herramienta poderosa que no solo complementa la visión, sino que también abre nuevas puertas a la inclusión y la accesibilidad. Pero, ¿cómo llegamos a este punto? ¿Y por qué el sonido, un sentido a menudo relegado a un segundo plano en la ciencia, está ganando protagonismo en campos como la astronomía?

LA SONIFICACIÓN: DE CURIOSIDAD A HERRAMIENTA CIENTÍFICA

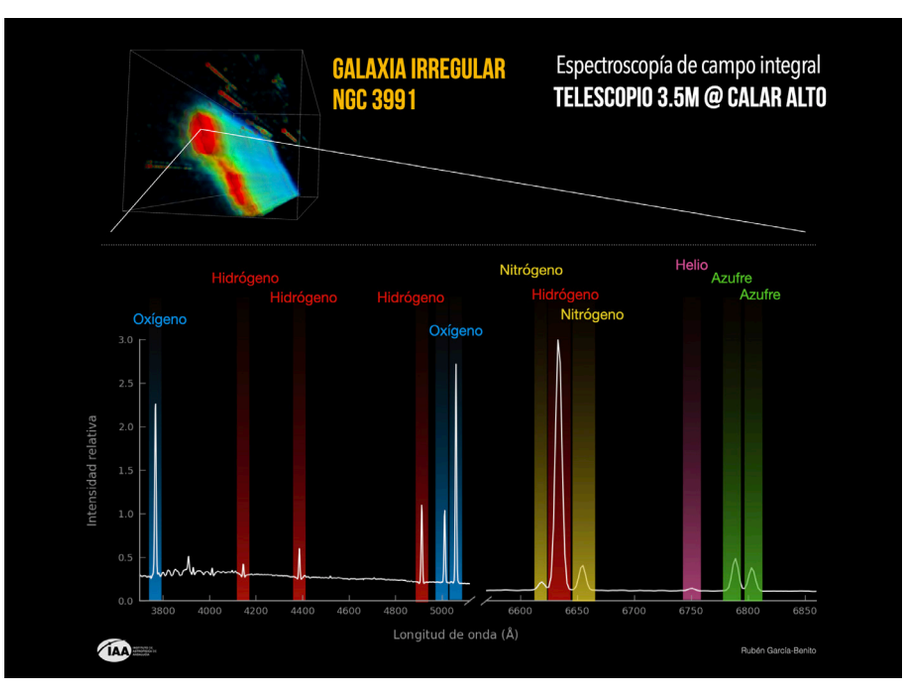
La sonificación no es un concepto nuevo. De hecho, ha estado presente en la ciencia de manera puntual en el último siglo. En disciplinas como la sismología, por ejemplo, los científicos han convertido las vibraciones de la Tierra en sonidos para estudiar terremotos. En la fisiología, las señales eléctricas musculares se han transformado en señales audibles. Sin embargo, estos casos han sido muy puntuales, y la sonificación fue vista como una curiosidad, una herramienta secundaria sin un propósito claro más allá de lo anecdótico.

No fue hasta la década de los noventa del siglo XX que la sonificación comenzó a consolidarse como una disciplina académica y de investigación en su propio derecho. Los avances en tecnología y computación permitieron explorar su potencial de manera más sistemática, y poco a poco, el sonido empezó a ganar terreno en aplicaciones prácticas. Hoy en día, la sonificación está presente en nuestra vida cotidiana. Un ejemplo familiar es el sistema de aparcamiento de los coches, donde un tono que aumenta en frecuencia o rítmica nos indica que nos estamos acercando a un obstáculo. Este uso, simple pero efectivo, demuestra cómo el sonido puede transmitir información de manera intuitiva y accesible.

> **No fue hasta la década de los noventa del siglo XX que la sonificación comenzó a consolidarse como una disciplina académica y de investigación en su propio derecho**

Pero la sonificación no se limita a aplicaciones cotidianas. En campos como la astronomía, donde los datos son tan vastos y complejos como el propio universo, la sonificación puede convertirse en un aliado poderoso. Los astrónomos trabajan con cantidades masivas de información, desde espectros de galaxias hasta mapas de radiación cósmica. Tradicionalmente, estos datos se analizan mediante gráficos y visualizaciones, pero ¿qué pasa cuando esos datos son tan complejos que incluso las imágenes más detalladas no logran capturar todo su potencial? O, en el caso de datos multidimensionales, ¿cómo podemos analizar de manera interactiva y simultánea múltiples dimensiones sin perdernos en el proceso?

Aquí es donde el sonido entra en juego. La sonificación no es simplemente una forma alternativa de representar datos; es una manera de escuchar el cosmos. En teoría, al convertir datos en sonido, los investigadores tendrían la posibilidad de descubrir patrones que, de otra manera, podrían pasar desapercibidos. Pero su potencial va más allá. En la era del "big data", donde la cantidad de información supera nuestra capacidad de análisis visual, la sonificación ofrece una ventaja única: la posibilidad de añadir más capas multidimensionales al análisis de datos. Esto permite explorar múltiples canales de información simultáneamente, creando sinergias



Espectro de la región más brillante de la galaxia irregular NGC 3991, extraído del cubo de datos en el rango óptico obtenido con el espectrógrafo de campo integral del telescopio de 3.5 m de Calar Alto. Crédito: Rubén García-Benito

que podrían revelar conexiones entre datos que antes eran difíciles de detectar.

EL SONIDO COMO LENGUAJE MULTIDIMENSIONAL

Para entender mejor este potencial, pensemos en una analogía: el cine. Cuando vemos una película, no solo nos basamos en la información visual—los gestos de los actores, la composición de las escenas, los colores y las texturas—, sino también en la información sonora. La voz de los personajes, los efectos de sonido y la música añaden capas adicionales de significado y emoción. Estos elementos no solo complementan la imagen, sino que también pueden transformar plenamente nuestra experiencia. Por ejemplo, una escena de suspense puede volverse aún más intensa con el sonido adecuado, mientras que una música alegre puede cambiar por completo el tono de una secuencia visual.

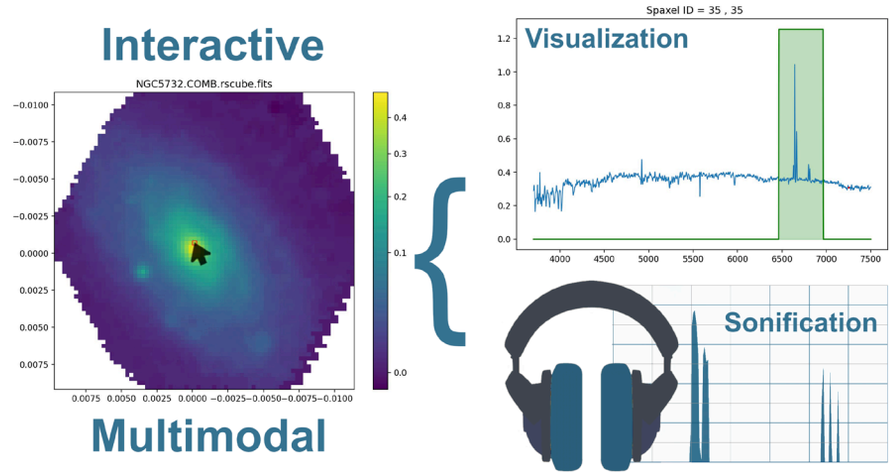
> **Al convertir los espectros en sonidos, los investigadores pueden escuchar las diferencias entre las regiones de una galaxia, identificar líneas de emisión o absorción y detectar tendencias que podrían ser difíciles de observar en un gráfico**

De manera similar, la sonificación en la ciencia permite añadir "bandas sonoras" a los datos. Esto no solo enriquece la experiencia del análisis, sino que también abre nuevas vías para la interpretación. Por ejemplo, en el estudio de galaxias, los espectros contienen información sobre la composición química, la edad y la dinámica de las estrellas. Tradicionalmente, estos espectros se representan como gráficos de intensidad en función de la longitud de onda. Sin embargo, cuando se trata de analizar cientos o miles de espectros, la tarea puede volverse abrumadora.

Aquí es donde la sonificación ofrece una ventaja única. Al convertir los espectros en sonidos, los investigadores pueden escuchar las diferencias entre las regiones de una galaxia, identificar líneas de emisión o absorción, y detectar tendencias que podrían ser difíciles de observar en un gráfico. Además, el sonido también permite una exploración intuitiva y dinámica, ya que los usuarios pueden interactuar con los datos en tiempo real, ajustando parámetros y escuchando cómo cambian las características acústicas.

LA SONIFICACIÓN COMO HERRAMIENTA DE INCLUSIÓN

Pero la sonificación no es solo una herramienta para expertos. También tiene un potencial enorme para hacer la ciencia más



ViewCube/SoniCube es una herramienta interactiva creada para analizar cubos de espectroscopía 3D mediante visualización y sonido. En la imagen, se representa la galaxia espiral NGC 5732: a la izquierda, una ventana ofrece una proyección 2D del cubo de datos; en la parte superior derecha, se presenta el espectro asociado al punto marcado con el cursor, y en la parte inferior derecha, su sonificación. Esta integración de técnicas permite una interpretación innovadora, intuitiva y accesible de los datos. Créditos: Adrián García-Riber (UPM)

accesible. Para las personas con discapacidades visuales, la sonificación ofrece una forma de experimentar y analizar datos que de otra manera serían inaccesibles. Esto no solo promueve la inclusión, sino que también enriquece la comunidad científica al incorporar perspectivas y habilidades únicas.

Imagina a un astrónomo con discapacidad visual explorando una galaxia a través del sonido. Con una herramienta como *ViewCube*, que combina visualizaciones interactivas con sonificaciones inmersivas, este investigador puede "escuchar" la estructura de la galaxia, identificar regiones de formación estelar y analizar la dinámica de sus componentes. Esto no solo democratiza el acceso a la ciencia, sino que también amplía las posibilidades de descubrimiento y comprensión del universo.

EXPLORANDO GALAXIAS CON SONIDO

En este contexto, nace *ViewCube*, una herramienta interactiva y multimodal diseñada para explorar datos espectrales de galaxias a través de la sonificación. *ViewCube* combina visualizaciones gráficas con representaciones auditivas, permitiendo a los usuarios sumergirse en los datos de una manera completamente nueva.

La aplicación está diseñada para trabajar con cubos de datos espectrales, que son conjuntos de información tridimensionales que incluyen dos dimensiones espaciales (como las coordenadas en una galaxia, esto es, un mapa) y una dimensión espectral, la intensidad de la luz en diferentes longitudes de onda. *ViewCube* permite a los usuarios navegar por estos cubos de datos, seleccionando puntos del mapa de la galaxia (píxeles espectrales) y escuchando cómo suena cada uno.

El módulo de sonificación de *ViewCube*, llamado *SoniCube*, utiliza un enfoque de aprendizaje profundo basado en autocodificadores para generar sonidos a partir de los espectros. Los autocodificadores son redes neuronales que aprenden a comprimir datos en un espacio latente de menor dimensión, capturando las características más relevantes. En este caso, cada espectro de casi dos mil dimensiones se reduce a un vector latente de seis dimensiones, que luego se convierte en frecuencias audibles.

> ***ViewCube* permite a los usuarios navegar por cubos de datos, seleccionando puntos del mapa de la galaxia y escuchando cómo suena cada uno**

Sin embargo, la sonificación no se limita a convertir datos en sonido. *ViewCube* también utiliza técnicas de espacialización binaural que simulan cómo el sonido llega a nuestros oídos desde diferentes direcciones. Esto permite a los usuarios no solo escuchar los espectros, sino también localizarlos en un espacio virtual. Por ejemplo, si un punto está a la izquierda del centro de la galaxia, el sonido parecerá provenir de esa dirección. Además, la distancia al centro de la galaxia se representa mediante efectos de reverberación, creando una sensación de profundidad. Es como un *Home Cinema* cósmico.

UN VIAJE SONORO POR LAS GALAXIAS

Para entender cómo funciona *ViewCube*, imaginemos que estamos explorando una galaxia espiral. Al abrir la aplicación, vemos un mapa 2D de la galaxia, con diferentes regiones coloreadas según su intensidad luminosa. Movemos el cursor sobre el mapa y, al seleccionar un punto en el espacio, escuchamos un sonido único que representa su espectro.

Si nos acercamos al centro de la galaxia, los sonidos se vuelven más intensos, reflejando la mayor densidad de estrellas y gas. En cambio, si nos movemos hacia los bordes, los sonidos son más suaves y distantes. Además, las regiones con líneas de emisión fuertes, como las áreas de formación estelar, producen sonidos más complejos y ricos en

armónicos, mientras que las regiones más antiguas y "retiradas" suenan más uniformes.

Este enfoque no solo hace que la exploración de datos sea más intuitiva, sino que también permite a los investigadores identificar patrones y anomalías de manera más eficiente. Por ejemplo, un astrónomo podría detectar una región inusual simplemente escuchando un sonido que no encaja con el resto.

PERO... ¿PODEMOS ENTENDER LO QUE ESCUCHAMOS?

La evaluación es un componente esencial en cualquier investigación sobre sonificación. Sin ella, es imposible avanzar de manera fundamentada. Un estudio riguroso no se limita a proponer una técnica de sonificación, sino que debe incluir un análisis exhaustivo que valide su viabilidad.

Con este objetivo, se llevó a cabo un estudio para evaluar el impacto de *ViewCube*, que contó con la participación de 67 personas de distintos perfiles: astrónomos profesionales, músicos y personas sin experiencia en astronomía. Los resultados fueron alentadores. Un 79.1% de los participantes calificó la aplicación como "útil" o "muy útil", mientras que el 58.2% destacó la estética de las sonificaciones como "buena" o "agradable".

En las pruebas cuantitativas, los participantes demostraron ser capaces de extraer información significativa de las sonificaciones, incluso aquellos sin formación en astronomía. Los astrónomos profesionales alcanzaron una tasa de éxito del 55.4%, mientras que los participantes sin formación astronómica lograron un 48.1%. Sin embargo, lo más sorprendente fue que los músicos, gracias a su habilidad para analizar sonidos complejos, superaron a los astrónomos en tareas que requerían la interpretación de características auditivas.

> **La sonificación es más que una técnica; es un lenguaje que nos permite escuchar el universo y descubrir sus secretos de una manera completamente nueva**

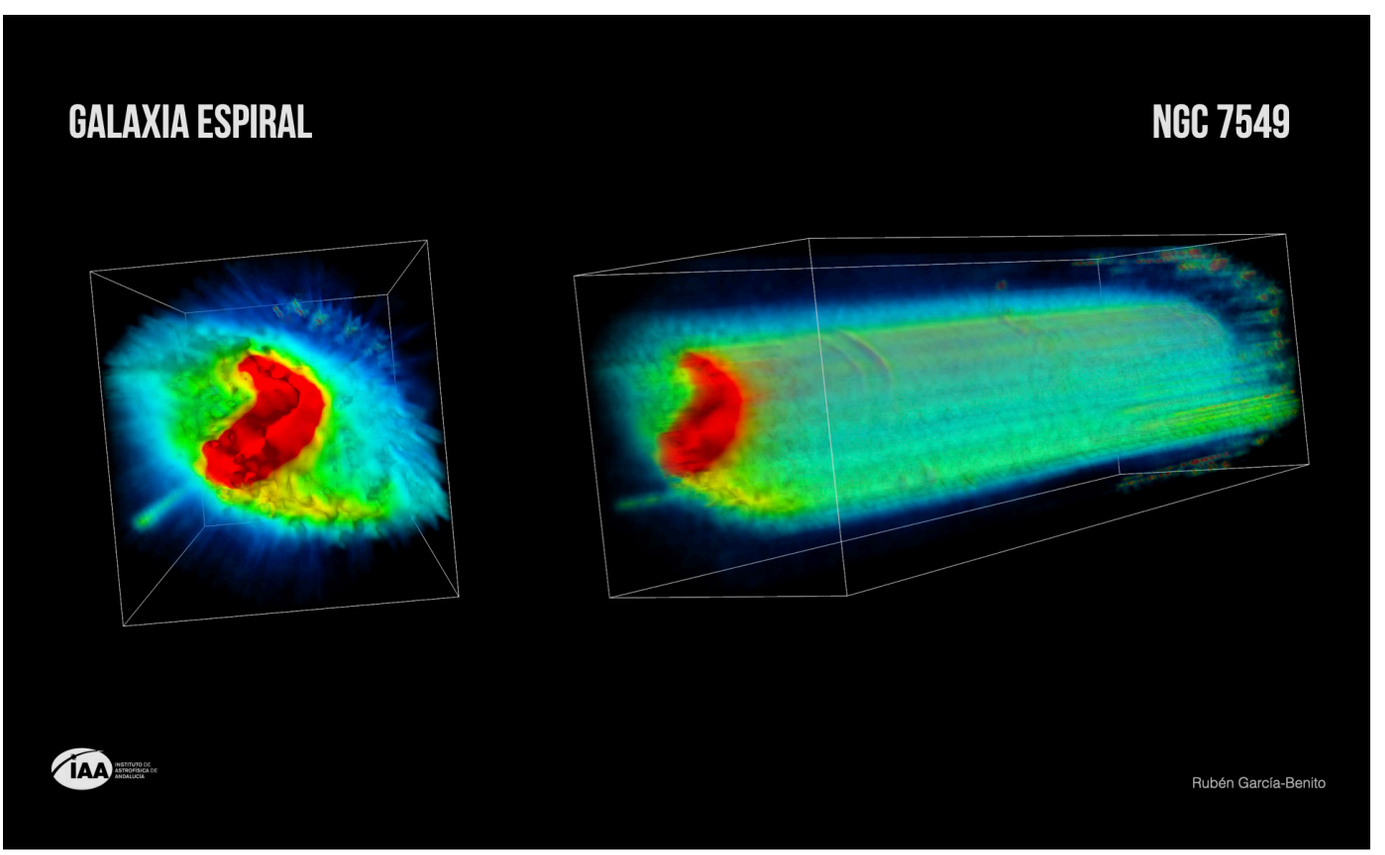
Un hallazgo especialmente significativo fue el potencial de *ViewCube* para hacer la astronomía más accesible. Dos astrónomos con discapacidades visuales participaron en el estudio y obtuvieron resultados comparables a los de sus colegas videntes. Este dato sugiere que la sonificación podría convertirse en una herramienta clave para fomentar la inclusión en la ciencia, ampliando las oportunidades de participación en áreas como la astronomía.

EL FUTURO DE LA EXPLORACIÓN ASTRONÓMICA

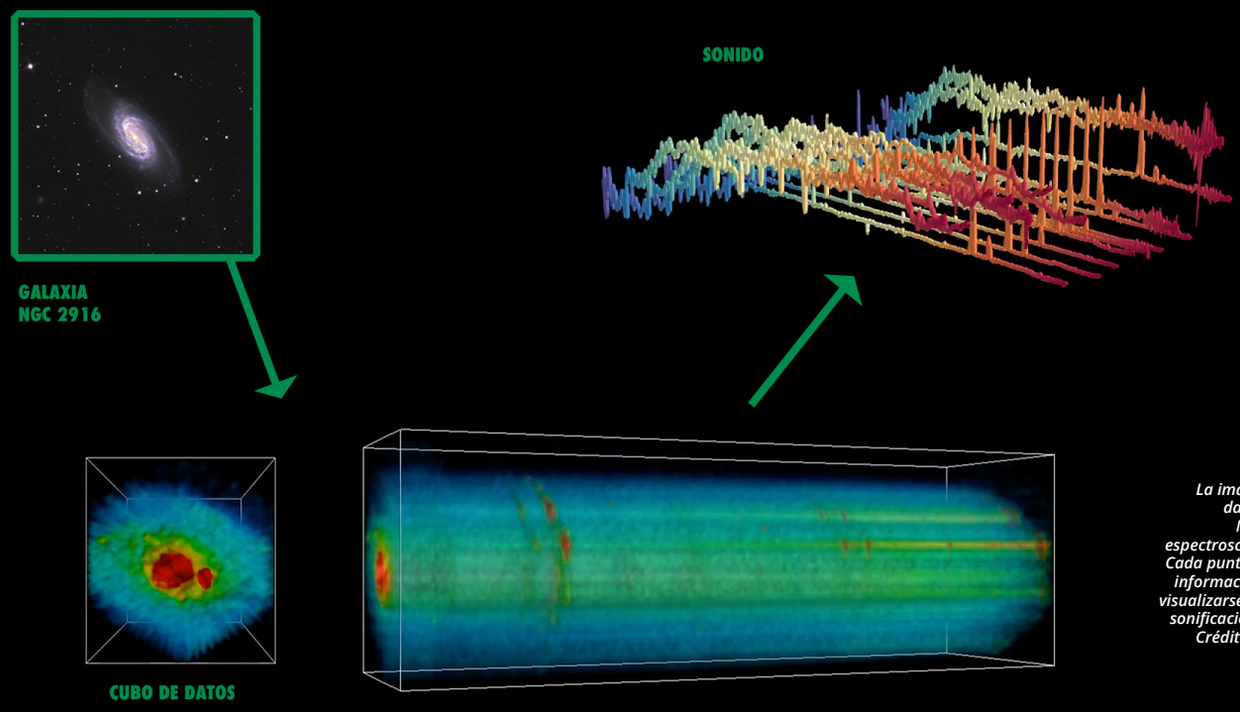
ViewCube representa un paso importante hacia una astronomía más inclusiva y multidimensional. Al combinar visualizaciones interactivas con sonificaciones inmersivas, esta herramienta mejora el análisis de datos espectrales al mismo tiempo que abre nuevas posibilidades para la participación de personas con discapacidades visuales.

La sonificación es más que una técnica; es un lenguaje que nos permite escuchar el universo y descubrir sus secretos de una manera completamente nueva. En un futuro donde los datos astronómicos seguirán creciendo en volumen y complejidad, herramientas como *ViewCube* serán esenciales para desbloquear todo su potencial.

Así que, la próxima vez que mires al cielo, recuerda que el universo no solo se ve, también se escucha. Y gracias a la sonificación, todos podemos ser parte de esa sinfonía cósmica.



Visualización 3D de un cubo de datos espectroscópicos en el rango óptico de la galaxia espiral NGC 7549. Crédito: Rubén García-Benito



La imagen muestra el cubo de datos de la galaxia espiral NGC 2916, generado con espectroscopía de campo integral. Cada punto de la imagen contiene información espectral que puede visualizarse y escucharse mediante sonificación de forma interactiva. Créditos: Rubén García-Benito

SONIFICACIÓN DE DATOS: UNA NUEVA FORMA DE ESTUDIAR EL UNIVERSO

UN EQUIPO COLIDERADO POR EL IAA-CSIC HA CREADO *VIEWCUBE*, UNA INNOVADORA HERRAMIENTA QUE PERMITE NO SOLO VISUALIZAR DATOS ASTRONÓMICOS, SINO TAMBIÉN ESCUCHARLOS

La comprensión del cosmos ha dependido históricamente de la interpretación de datos e imágenes complejas, herramientas muy útiles que, sin embargo, tienen ciertas limitaciones a la hora de captar toda la riqueza de la información que ofrece el universo. En este contexto, un reciente estudio publicado en la revista *Royal Astronomical Society Techniques and Instruments* (RASTI), introduce por primera vez una innovadora técnica para explorar de forma interactiva las galaxias: la sonificación de datos. A través de una herramienta llamada ViewCube, es posible no solo visualizar cubos de datos astronómicos complejos, sino también transformarlos en sonidos, aportando una dimensión completamente nueva a su análisis y comprensión.

"*ViewCube*, a través del módulo *SoniCube*, permite mejorar la forma en la que analizamos la información añadiendo una nueva capa sensorial que puede facilitar el análisis de datos complejos", indica Rubén García-Benito, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), desarrollador de la aplicación y segundo autor del trabajo. "El avance que supone representar los datos a través del sonido puede ayudar en nuestra forma de estudiar las galaxias, incorporando nuevas tecnologías que enriquecen nuestra comprensión de los datos astronómicos", añade Adrián García Riber (UPM), primer autor del artículo.

Este innovador enfoque destaca no solo por su contribución científica, sino también por fomentar la inclusión y accesibilidad en el ámbito científico. Al traducir los datos en sonidos, se abre una nueva vía para que más personas, incluidas aquellas con discapacidad visual, puedan participar y contribuir al estudio del universo, democratizando el acceso al conocimiento astronómico.

LA SONIFICACIÓN APLICADA AL ANÁLISIS DE DATOS CIENTÍFICOS

La forma en la que el sistema auditivo percibe, procesa y organiza los estímulos sonoros, proporciona al oído humano una capacidad única para discriminar e interpretar información compleja, especialmente cuando se trata de identificar cambios sutiles en patrones o detalles a lo largo del tiempo. Esta habilidad abre nuevas posibilidades para explorar datos en disciplinas científicas donde la percepción visual enfrenta ciertas limitaciones.

Bajo esta premisa, el trabajo coliderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) presenta una forma innovadora de explorar los cubos de datos astronómicos ––estructuras tridimensionales que contienen información compleja––, en las que cada píxel de una imagen está asociado a un espectro que contiene información sobre la descomposición de la luz en diferentes colores o longitudes de onda. Esta técnica permite analizar con gran detalle la estructura y las propiedades físicas de objetos celestes como las galaxias. El análisis se basa en la espectroscopía de campo integral o espectroscopía 3D, un método avanzado que combina información espacial y espectral para desvelar detalles sobre el movimiento y la composición física de las galaxias.

Ahora, la herramienta interactiva desarrollada por el IAA-CSIC, *ViewCube*, introduce una novedad significativa al incorporar la sonificación de datos. Esta tecnología permite a la comunidad astronómica no solo visualizar los datos en pantalla, sino también escuchar cómo varían las propiedades de la luz en distintas regiones de una galaxia. Este avance trasciende los métodos tradicionales de análisis de datos, abriendo la puerta a enfoques multidisciplinares que enriquecen la forma en que el ser humano interactúa con la información y profundizan en su comprensión de los datos astronómicos.

"Este enfoque no solo hace que algo tan distante y abstracto como las galaxias sea más accesible, sino que también permite analizar más capas de información simultáneamente al combinar la visualización tradicional con el sonido", apunta García-Benito.

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE UNA CIENCIA MÁS INCLUSIVA Y ACCESIBLE

Una de las implicaciones más relevantes de este trabajo es su potencial para hacer la ciencia más accesible e inclusiva, ofreciendo alternativas que permiten a personas con diferentes habilidades sensoriales participar activamente e interactuar con datos astronómicos de manera efectiva.

"Esta es una oportunidad única para que personas con discapacidad visual puedan participar plenamente en la investigación de objetos astrofísicos", señala el investigador del IAA-CSIC. "Este avance demuestra cómo la integración de nuevas tecnologías en la ciencia puede promover la inclusión, transformar nuestra relación con el conocimiento y hacer que la investigación sea más accesible para todos."

CIENCIA Y CIUDADANÍA AL OÍDO DEL UNIVERSO

Involucrar a la ciudadanía en el proceso científico es clave a la hora de enriquecer los proyectos de investigación ofreciendo perspectivas diversas, a la vez que se fomenta una conexión más directa con el conocimiento. En este trabajo, la participación ciudadana ha sido fundamental, ya que incluye un estudio de usuarios que combina enfoques cuantitativos y cualitativos, mediante un cuestionario en línea dirigido tanto a participantes especializados como a personas sin experiencia previa en el campo.

Los resultados de este estudio, basado en los cubos de datos de galaxias de un proyecto llamado *Espectroscopía Integral de Campo de Calar Alto* (CALIFA), revelaron que todos los participantes fueron capaces de extraer información a partir del sonido de las galaxias, lo que evidencia el potencial de esta innovadora herramienta a la hora de democratizar el acceso y la comprensión de datos complejos.

La sonificación ha llegado para quedarse, ya que lejos de limitarse únicamente a la astronomía, esta técnica puede aplicarse a cualquier tipo de datos y ámbitos de la vida cotidiana, extendiendo aún más su potencial. "Esta técnica se está aplicando a muchas disciplinas, entre ellas la astronomía, pero estos son solo los primeros pasos. Nuestro objetivo es continuar desarrollando herramientas para explorar, a través del sonido, otros campos dentro de la astrofísica", concluye García-Benito (IAA-CSIC).

EL MOBY DICK DE...

... ELHAM ZIAALI (IAA-CSIC)

Elham Ziaali es investigadora posdoctoral en el Grupo de Variabilidad Estelar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) en Granada, dirigido por Javier Pascual Granado, y forma parte del equipo de preparación científica de la misión PLATO (ESA).

Obtuvo su doctorado en febrero de 2020 en astrofísica estelar (binarias eclipsantes, astrosismología de estrellas pulsantes, en particular de estrellas δ Scuti) en el Instituto de Investigación en Astronomía y Astrofísica de Maragheh (RIAAM), en Irán.

En mayo de 2018, inició un proyecto conjunto sobre estrellas δ Scuti bajo la supervisión del Prof. Timothy R. Bedding en la Universidad de Sídney, en el que estudiaron la relación período-luminosidad de unas 2000 estrellas δ Scuti observadas tanto desde el espacio como desde telescopios terrestres, utilizando las precisas paralajes de Gaia DR2, que no habían sido exploradas antes.

En 2021 siguió como investigadora postdoctoral, aplicando técnicas de ciencia de redes en el campo de la astrosismología de estrellas pulsantes, en la Universidad de Zanjan (Irán), bajo la supervisión del Prof. Hossein Safari y con financiación de la Fundación Nacional de Ciencia de Irán (INSF). Desde marzo de 2024, trabaja como postdoc en el IAA-CSIC.

ESTRELLAS QUE LATEN COMO UN CORAZÓN EN EL CIELO

Mi pasión por la astronomía - y en especial por las estrellas - surgió cuando leí un artículo que afirmaba que el Sol es, de hecho, la madre de todos los humanos. La idea de que las estrellas son la fábrica original de cada uno de los elementos de nuestro cuerpo me pareció tan asombrosa que no pude evitar sentirme cautivada por ellas. Esto me llevó a aceptar con entusiasmo los desafíos de estudiar la carrera de Física y a perseguir un Doctorado en Astronomía.

Durante mis estudios doctorales en el Instituto de Investigación en Astronomía y Astrofísica de Maragheh (RIAAM), en Irán, me especialicé en el estudio de estrellas variables, especialmente en las estrellas pulsantes. Me di cuenta de que esta gran población de estrellas, algunas de las cuales podrían ser madres lejanas que albergan otros sistemas planetarios, representa más de la mitad de las estrellas visibles en un cielo nocturno oscuro, brillando y atenuándose gradualmente con el tiempo. Estas estrellas, conocidas como "estrellas pulsantes", pueden cambiar de brillo en periodos tan cortos como cinco o seis horas. El tiempo que tarda una estrella en volver a su brillo original es uno de los criterios clave para clasificar estas estrellas y se conoce como período estelar. En función de esto, las estrellas pulsantes se clasifican en distintas clases, cada una de las cuales tiene distintos parámetros físicos, como la masa, la temperatura y el tipo espectral.

La astrosismología es el campo de la astrofísica que se dedica a estudiar la estructura y las propiedades físicas de las estrellas mediante el análisis de sus pulsaciones.

Mis estrellas pulsantes favoritas son las estrellas δ Scuti, que tienen algunos de los períodos de pulsación más cortos. Estas estrellas pueden alcanzar su brillo máximo y mínimo hasta cuatro o cinco veces en un solo día.

Generalmente, el brillo se representa en función del tiempo mediante una curva de luz, lo que permite cuantificar su variación y medir el período de la estrella. A cada período de oscilación de una curva de luz le corresponde un modo de pulsación, un modo de "sismo estelar"; es decir, una onda propagante caracterizada por cambios locales en la densidad o en la temperatura.

Las curvas de luz de las estrellas δ Scuti son bastante "embrolladas" y no pueden interpretarse de forma sencilla, ya que incluyen múltiples pulsaciones correspondientes a modos radiales —cuyo perfil depende solo de la coordenada radial— y a modos no radiales, cuyo perfil depende también de la latitud y la longitud. Las *Low Amplitude Delta Scuti* (LADS), tienen modos radiales y no radiales, ambos de baja amplitud, mientras las *High Amplitude Delta Scuti* (HADS) manifiestan solo dos o tres modos radiales dominantes, de gran amplitud. En las HADS, los modos dominantes pueden ir acompañados en la curva de luz por combinaciones de períodos radiales. Estos últimos indican la presencia de modos de oscilación no sinusoidales y son de particular interés, ya que aún no está claro su origen ni los mecanismos que los activan.

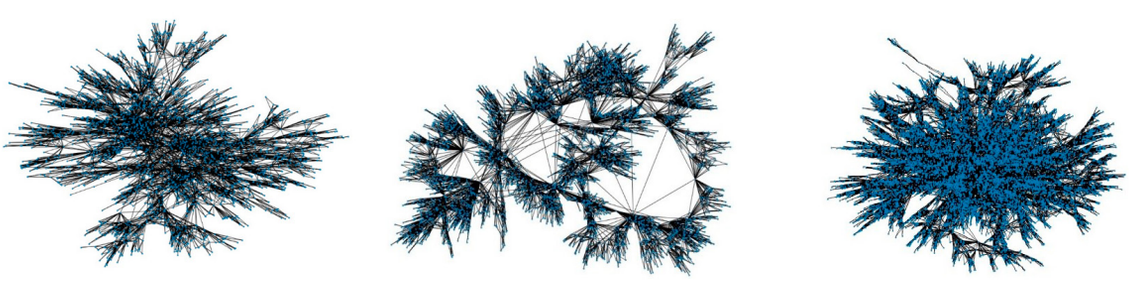
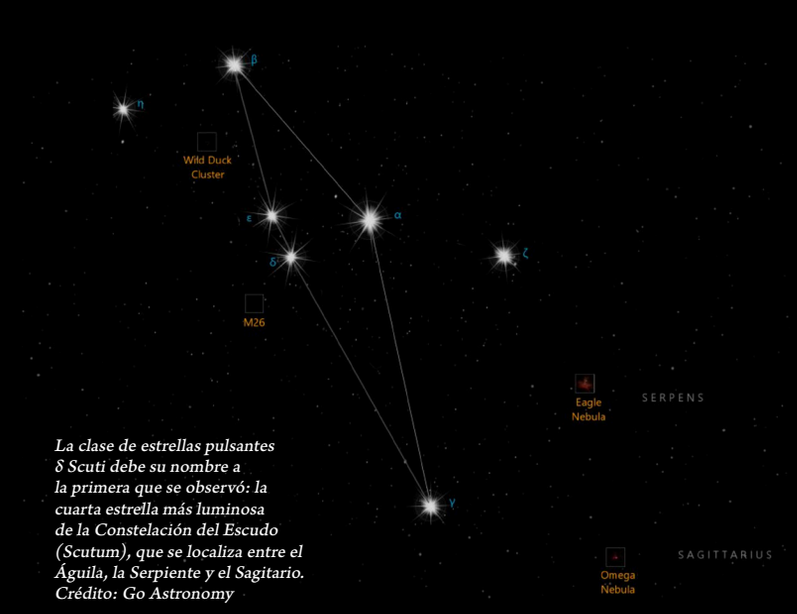


Figura 1. Diferencias estructurales en la topología de las redes de visibilidad obtenidas para una estrella similar al Sol (izquierda), una estrella γ Dor (centro) y una estrella δ Scuti (derecha). Crédito: Elham Ziaali (IAA-CSIC)



La clase de estrellas pulsantes δ Scuti debe su nombre a la primera que se observó: la cuarta estrella más luminosa de la Constelación del Escudo (Scutum), que se localiza entre el Águila, la Serpiente y el Sagitario. Crédito: Go Astronomy

La curva de luz reconstruida a partir de los períodos obtenidos mediante los algoritmos de identificación modal, en algunos casos, no coincide con la observada debido a la presencia de fenómenos no lineales. Por lo tanto, para lograr una representación más precisa de las pulsaciones estelares originadas por dichas interacciones no lineales en el interior de las estrellas, es fundamental desarrollar nuevos enfoques que aborden eficazmente la dinámica no lineal de las oscilaciones estelares.

Este desafío nos motivó a aplicar el enfoque de redes complejas al estudio de estrellas pulsantes, una metodología ampliamente utilizada para analizar sistemas no lineales con elementos altamente interconectados en diversas disciplinas, como la biología, la economía, la ingeniería, la geofísica o la física solar. Así fue como, en enero de 2022, comencé mi primera investigación posdoctoral en la Universidad de Zanjan, en Irán, con un grupo que aplicaba el enfoque de redes complejas al estudio de las llamaradas solares (solar flares). Me centré en extender su aplicación a estrellas pulsantes, en particular a muestras de estrellas δ Scuti, incluyendo tanto HADS como LADS.

Mediante un algoritmo de visibilidad, una curva de luz de una estrella pulsante se puede transformar en un grafo o red (*network*), donde los puntos de datos se representan como nodos y las conexiones entre ellos se establecen en función de su "visibilidad" en la curva de luz. Dos nodos están conectados si los dos correspondientes puntos de la serie temporal equivalente pueden "verse" mutuamente.

Los primeros resultados revelaron diferencias estructurales significativas en las redes obtenidas para distintos tipos de estrellas pulsantes. En la Figura 1, se muestran diferencias topológicas entre el grafo de visibilidad de una estrella δ Scuti, y otras familias de estrellas pulsantes como estrellas de tipo solar y "gamma" Doradus.

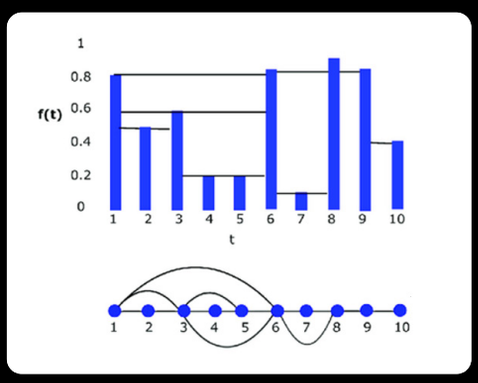


Figura 2. Construcción del Grafo de Visibilidad Horizontal (HVG), considerando solo las líneas de visión horizontales entre puntos en la curva de luz (arriba), que se conectan en el HVG (abajo). Crédito: Elham Ziaali (IAA-CSIC)

Este hallazgo fue para mí muy emocionante, ya que demostró el potencial del enfoque de redes complejas para distinguir entre diferentes características de pulsación. En la Figura 2, ilustramos la construcción del *Horizontal Visibility Graph* (HVG, grafo de visibilidad horizontal), que considera sólo las líneas de visión horizontales entre puntos en la curva de luz. En esta figura, los puntos que tienen una línea de visión horizontal directa en la curva de luz están conectados en el HVG.

Una vez construida la red, se miden diversas métricas, como la distribución de grados (*degreee distribution*), i.e. la distribución de probabilidad de que un nodo tenga n enlaces, el coeficiente de agrupamiento (*clustering coefficient*), es decir, la fracción promedio de estructuras de triángulos en torno a cada nodo (Figura 3), y la longitud media del camino más corto entre parejas de nodos.

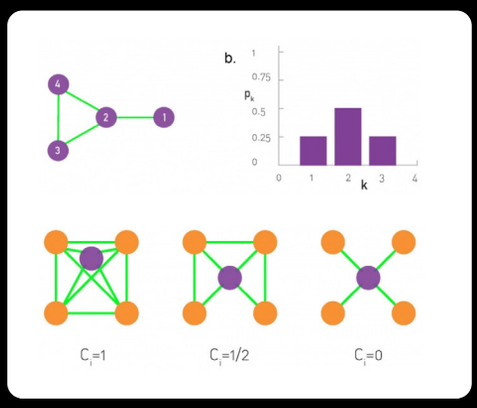


Figura 3. La distribución de grados representa la probabilidad de que un nodo tenga un cierto número de enlaces (arriba). El coeficiente de agrupamiento es la proporción de los enlaces reales de los vecinos de un nodo en relación con su forma completamente conectada (abajo). Crédito: Elham Ziaali (IAA-CSIC)

Las variaciones observadas en la topología de la red se vinculan directamente con diferencias en las métricas de la red, las cuales, a su vez, corresponden a propiedades clave en astrosismología y a características físicas de las estrellas.

En marzo de 2024, me uní al equipo de preparación científica de la misión PLATO en el grupo de Variabilidad Estelar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), uno de los grupos más reconocidos en la aplicación de nuevos enfoques y técnicas en la astrosismología, para continuar el desarrollo de la misma técnica de análisis.

Actualmente, el comportamiento de métricas clave derivadas del HVG construido para cada estrella δ Scuti sugiere que los procesos que generan las pulsaciones no son puramente aleatorios y proporciona información sobre la dinámica subyacente a las pulsaciones.

En nuestra muestra de estrellas δ Scuti, el *clustering coefficient* permite diferenciar (o clasificar) eficazmente HADS y LADS. Esto sugiere que el *clustering coefficient* puede capturar la rugosidad de la curva de luz, es decir, las pequeñas fluctuaciones típicas de las LADS, y traducirla en un parámetro basado en redes, lo que podría tener aplicaciones valiosas para el estudio de otras clases de estrellas pulsantes.

Finalmente, estamos estableciendo un nuevo enfoque para superar los desafíos asociados con el análisis astrosísmico de estrellas pulsantes, con el objetivo de refinar nuestros resultados dentro de la muestra actual de δ Scuti y extender este método a otros tipos de estrellas pulsantes.

SUNRISE III, UN NUEVO HORIZONTE EN LA EXPLORACIÓN SOLAR

***Sunrise III* es la tercera misión de una serie de observatorios estratosféricos diseñados para estudiar el Sol con una resolución espacial, espectral y temporal sin precedentes, con una avanzada instrumentación que permite medir la polarización de la luz**

Las observaciones desde la estratosfera, a una altura media de unos 37 kilómetros sobre la superficie terrestre y a latitudes árticas durante el solsticio de verano, minimizan los efectos de la atmósfera terrestre. De esta manera, se obtienen imágenes comparables a las de los telescopios espaciales, con acceso a la banda azul del espectro hasta los 200 nm y observación continua durante 6-7 días, en el caso de los globos, a un coste económico significativamente menor.

Sunrise III supone un salto innovador respecto a sus vuelos anteriores, *Sunrise I* y *II*, ya que incorpora mejoras significativas en la instrumentación de a bordo, como el espectropolarímetro de imagen TuMag (*Tunable Magnetograph*), y los espectropolarímetros de rendija SUSI (*Sunrise Ultra-Violet Spectropolarimeter and Imager*) y SCIP (*Sunrise Chromospheric Infrared SpectroPolarimeter*). Gracias a la abertura del telescopio de un metro, al sistema de guiado de la barquilla y al correlador de imagen (CWS), estos tres instrumentos permiten observar continuamente la superficie del Sol en las bandas de 300 a 410 nm (SUSI), de 525 nm (TuMag) y de 770 a 850 nm (SCIP), con resoluciones espaciales de alrededor de los 100 km y sensibilidades polarimétricas sin precedentes.

El principal objetivo científico de la misión es comprender mejor los procesos físicos que tienen lugar en la fotosfera y la cromosfera solares, es decir, las capas donde se generan los campos magnéticos y los flujos de velocidad que rigen la dinámica del plasma solar. Para ello, es necesario observar el espectro electromagnético de la luz solar, ya que de este modo se puede extraer información clave sobre el campo de velocidades y el campo magnético del Sol. La técnica que nos ayuda a reconstruir la geometría y evolución de los campos magnéticos a partir de la polarización de la luz se llama espectropolarimetría.

El campo magnético del Sol está estrechamente relacionado con la mayoría de los fenómenos físicos que observamos en su superficie, así como con el estado de la corona solar, la actividad magnética y el comportamiento de la heliosfera. Esta última es fundamental para establecer las condiciones de contorno en meteorología espacial, así como para estudiar la influencia de la actividad solar en la Tierra. *Sunrise III* ha obtenido, por primera vez, datos simultáneos del Sol en las bandas ultravioleta, visible e infrarroja, con resoluciones espaciales y temporales sin precedentes. Al analizar cómo la luz se polariza al atravesar la atmósfera solar, podemos reconstruir la estructura y evolución del magnetismo solar con gran precisión. Estas observaciones, en combinación con simulaciones numéricas, nos ayudarán a comprender mejor los procesos físicos que rigen la actividad solar.

EL CONSORCIO S^{3}PC, UN PROYECTO DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Sunrise III ha sido posible gracias a una amplia colaboración internacional, liderada por el Instituto Max Planck de Investigación del Sistema Solar de Gotinga (MPS, Alemania), y con una destacada participación española a través de la Red Española de Física Solar Aeroespacial (S^{3}PC), una alianza estratégica de cinco instituciones españolas. En ella participan el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), la Universidad de Valencia (UV), la Universidad Politécnica de Madrid (UPM-IDR) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), con el liderazgo del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

El S^{3}PC proporciona el instrumento TuMag y colidera el espectropolarímetro infrarrojo SCIP, liderado por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ, Tokio). SCIP también cuenta con contribuciones del Instituto de Ciencias Espaciales y Astronáuticas (ISAS, Sagamihara), de la Universidad de Kioto y del MPS.

Además, participan el Instituto Leibniz de Física Solar (KIS, Friburgo, Alemania), que proporciona el CWS, y el Laboratorio de Física Aplicada (APL) de la Universidad Johns Hopkins (Baltimore, EE. UU.), que suministra la góndola donde se monta el telescopio y los instrumentos postfocales.

El MPS, por su parte, contribuye con un telescopio de un metro de diámetro, con el instrumento SUSI y con la infraestructura necesaria para las operaciones durante el vuelo.

Vista de la superficie de la Tierra y del telescopio y la góndola de Sunrise III desde la estratosfera. Imagen tomada con el instrumento IRIS-2, a bordo de la misión durante el vuelo de 2024. Créditos: Sunrise / MPS / IRIS-2

TECNOLOGÍA DE VANGUARDIA

El éxito de *Sunrise III* se debe, en gran parte, a la operación simultánea de sus tres instrumentos principales:

TuMag - Un espectropolarímetro de imagen basado en tecnologías de vanguardia, diseñado para medir con alta precisión el espectro electromagnético del Sol. TuMag puede obtener observaciones casi simultáneas en dos de las tres líneas espectrales correspondientes a Fe I 525.02 nm, Fe I 525.06 nm y Mg I b_2 517.3 nm, que proporcionan información sobre la fotosfera y la cromosfera baja, con cadencias que varían desde unos segundos hasta aproximadamente un minuto y medio, dependiendo del modo de observación.

Incorpora tecnologías innovadoras, como los moduladores de polarización basados en cristales líquidos (LCVR, por sus siglas en inglés, *Liquid Crystal Variable Retarders*); el uso de un etalón de niobato de litio ($LiNbO_3$) como imaginador de banda ultraestrecha para espectroscopía; una compleja doble rueda de filtros diseñada para alojar los filtros interferenciales previos y la óptica de calibración del instrumento; y un banco óptico de material compuesto para la instalación de la óptica del instrumento. Esta tecnología ha sido diseñada y fabricada íntegramente en España, incluyendo las cámaras científicas, la electrónica, la mecánica, el diseño térmico y las operaciones. Todo ello se ha desarrollado dentro del consorcio S^{3}PC.

SUSI - Un espectropolarímetro de rendija que opera en el ultravioleta cercano y que está diseñado para explorar el rango espectral entre 309 y 417 nm, una región del espectro solar rica en información pero de difícil acceso desde tierra. Desarrollado por el MPS, este instrumento permitirá estudiar con alta precisión los procesos físicos en las capas superiores de la fotosfera y la cromosfera solar.

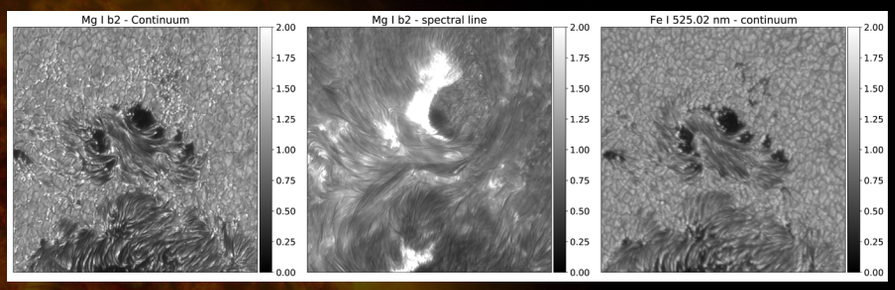
DECONSTRUCCIÓN

Por David Orozco Suárez (IAA-CSIC)

Crédito de la imagen de fondo: NASA/GSFC/SDO

IMPACTO EN LA FÍSICA SOLAR

Sunrise III contribuirá significativamente a la comprensión de la dinámica de los campos magnéticos solares. Los datos obtenidos ayudarán a desentrañar procesos clave en la atmósfera solar, como la formación y evolución de las manchas solares, las erupciones y el transporte de energía en la cromosfera.



Imágenes obtenidas con TuMag durante la activación de una llamarada solar en una región activa del Sol. Créditos: Pablo Santamarina (IAA-CSIC)

Esta imagen muestra, a modo de ejemplo, una de las regiones activas observadas por *Sunrise III*. De izquierda a derecha se puede observar la intensidad del continuo en la línea de Mg I b2, la intensidad en torno a la longitud de onda central de esta misma línea, y el continuo cercano a la línea de Fe I 525.02, que muestra la fotosfera. Esta observación muestra los abrillantamientos ocasionados por una llamarada solar de tipo M que se pudo observar gracias a la eficaz gestión de las operaciones durante la misión.

SCIP - Un espectropolarímetro de rendija en el infrarrojo cercano, especializado en la observación de las líneas espectrales del Ca II en la cromosfera, alrededor de 840 nm y del K I en la alta fotosfera, alrededor de 770 nm y desarrollado conjuntamente por el NAOJ y el S^3PC.

Estas operaciones simultáneas han supuesto un verdadero desafío y, a la vez, un logro crucial para la misión *Sunrise III*. Aunque esta misión podría considerarse un observatorio "típico" en la estratosfera, donde los científicos llevan a cabo sus experimentos y observaciones con la instrumentación disponible, su operativa es radicalmente distinta a la de un observatorio terrestre.

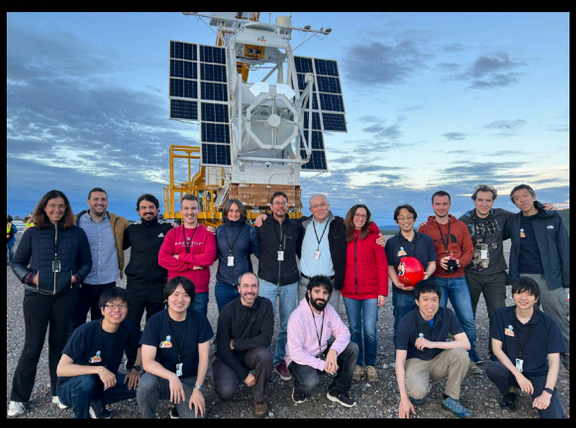
En un observatorio convencional, cada instrumento cuenta con programas independientes de configuración, observación y calibración, lo que permite una gestión más flexible de las operaciones. En *Sunrise III*, sin embargo, fue necesario integrar y coordinar de manera precisa las características específicas de tres instrumentos diferentes, cada uno con sus propios requisitos, junto con el CWS y el apuntado de la góndola, y garantizar que todas las calibraciones y observaciones científicas se ejecutaran de forma óptima y sin intervención en tiempo real.

Este nivel de autonomía, necesario debido a las limitaciones en telemetría, supuso un desafío técnico sin precedentes, ya que no solo se programaron las observaciones, sino también todas las calibraciones en vuelo, garantizando que los tres instrumentos operaran de manera óptima y coordinada durante toda la campaña. La implementación exitosa de este sistema autónomo supone un hito en la exploración solar con observatorios estratosféricos y demuestra la capacidad de *Sunrise III* para llevar a cabo ciencia de vanguardia en condiciones extremadamente exigentes.

UN FINAL FELIZ

El vuelo de *Sunrise III* estaba inicialmente programado para el verano de 2022. Sin embargo, la misión sufrió una violenta sacudida durante su lanzamiento debido a las rachas de viento el 10 de julio de 2022. La misión tuvo que ser abortada apenas seis horas después del despegue, ya que el mecanismo de sujeción del telescopio, diseñado para mantenerlo fijo en la góndola durante el lanzamiento y las fases de ascenso y descenso, no resistió la fuerte aceleración. La misión se abortó justo después de la fase de calibración de la electrónica. Todos los instrumentos funcionaban perfectamente, pero no era posible mover el telescopio en elevación, ya que quedó atascado en parte de la estructura debido a la violencia del lanzamiento.

Afortunadamente y de forma inesperada y en contra de toda predicción, el aterrizaje del observatorio fue relativamente suave y *Sunrise III* se pudo recuperar sin apenas daños, abriendo las puertas, después de una serie de ajustes y de pruebas exhaustivas de su instrumentación, al nuevo, y exitoso, vuelo de verano de 2024.

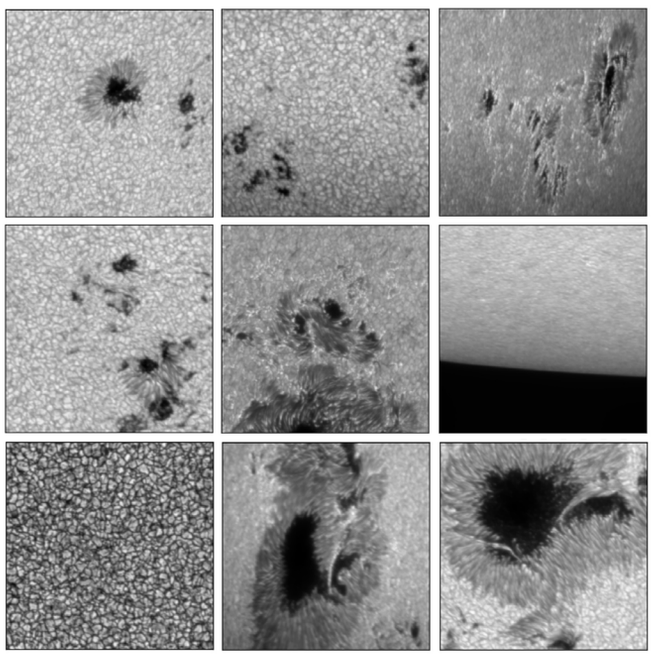


Parte del personal desplazado a la base de Esrange (Suecia), para el vuelo programado de Sunrise III en 2022. Créditos: IAA-CSIC

La misión Sunrise III logra datos del Sol con resoluciones espaciales y temporales sin precedentes

UN EQUIPO CIENTÍFICO INTERNACIONAL, CON DESTACADA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA A TRAVÉS DE UN CONSORCIO COORDINADO POR EL IAA-CSIC, HA LOGRADO CAPTAR, POR PRIMERA VEZ, DATOS DEL SOL DE FORMA SIMULTÁNEA EN LAS BANDAS DE LUZ ULTRAVIOLETA, VISIBLE E INFRARROJA

ESTA INFORMACIÓN SE OBTUVO GRACIAS AL EXITOSO VUELO CIENTÍFICO DE LA MISIÓN SUNRISE III EN JULIO DE 2024



Mosaico 3x3 de imágenes de la superficie solar captadas por el instrumento TuMag a bordo de Sunrise III. Los paneles muestran diversas características solares, incluyendo regiones activas, áreas de calma solar y vistas del limbo solar. Créditos: Pablo Santamarina (IAA-CSIC)

Actualmente, los observatorios terrestres cuentan con una amplia gama de instrumentos capaces de estudiar la superficie del Sol en los rangos visible e infrarrojo. Sin embargo, no es posible combinar estas observaciones con las del ultravioleta cercano, que cubre longitudes de onda de 400 a 200 nanómetros, ni mantenerlas durante largos periodos debido a las turbulencias de la atmósfera terrestre. En este contexto, la misión Sunrise III "se ha convertido en el primer observatorio en obtener datos espectropolarimétricos de manera simultánea en el ultravioleta cercano, el visible y el infrarrojo, con resoluciones espaciales y temporales sin precedentes", explica el Dr. David Orozco Suárez, científico titular del IAA-CSIC e investigador principal (IP) del proyecto desde España. En los próximos meses, el equipo científico analizará los datos recopilados para desentrañar nuevos misterios sobre el funcionamiento de la estrella que hace posible la vida en la Tierra. "Una revisión preliminar de los datos sugiere el carácter revolucionario de esta misión, con un potencial descubridor que marcará un antes y un después en el estudio del Sol", añade Orozco.

Para ello, la misión estratosférica Sunrise III, cuyo exitoso vuelo tuvo lugar del 10 hasta el 16 de julio, ha contado con tres nuevos instrumentos, de los cuales uno y medio han sido desarrollados por la Red Española de Física Solar Aeroespacial (S3PC, por sus siglas en inglés). Coordinada por el Grupo de Física Solar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), la S3PC ha diseñado y construido el espectropolarímetro imaginador visible TuMag (*Tunable Magnetograph*), un instrumento capaz de medir con alta precisión el campo magnético solar. Asimismo, en colaboración con el consorcio japonés liderado por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ) con el Dr. Yukio Katsukawa como investigador principal, ha participado en el desarrollo del espectropolarímetro SCIP (*Sunrise Chromospheric Infrared SpectroPolarimeter*), un instrumento diseñado para estudiar la cromosfera, una de las capas superiores de la atmósfera solar. La contribución del S3PC a SCIP ha consistido en sus tres cámaras científicas, la electrónica, el software de control y el segmento remoto.

El resto de instituciones que constituyen el consorcio español son el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC); el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA); la Universidad Politécnica de Madrid (UPM); y la Universidad de Valencia (UV). "Esta colaboración refleja el alto nivel de la tecnología e investigación española en el ámbito de la física solar", destaca Jose Carlos del Toro Iniesta, astrónomo del IAA-CSIC.

UN LABORATORIO SOLAR INSTALADO SOBRE UN GLOBO

Tras la relevancia científica de sus dos primeras ediciones, Sunrise III se ha consolidado como una misión única que investiga los procesos clave de la atmósfera solar inferior, como la dinámica de sus campos magnéticos y los flujos de plasma. Estos procesos son esenciales para comprender fenómenos solares que afectan al medio ambiente de la Tierra, como las eyecciones de masa coronal o las tormentas solares. A bordo de un globo estratosférico lanzado desde Suecia y operando a 37 kilómetros de altitud, el telescopio solar de un metro de apertura ha permitido observaciones libres de la distorsión atmosférica terrestre y acceso al rango ultravioleta cercano.

Con seis días y medio de vuelo y un aterrizaje seguro al oeste de Great Bear Lake, en Canadá, Sunrise III combinó las ventajas de los telescopios espaciales y terrestres: un diseño reutilizable que permite mejorar y optimizar su instrumentación para futuras misiones.

UN LEGADO CIENTÍFICO EN CRECIMIENTO

Desde su primera edición en 2009, las misiones Sunrise han generado importantes avances en la física solar, con más de 100 publicaciones científicas derivadas de los vuelos. Sunrise III promete continuar con este legado, proporcionando una visión sin precedentes de la estratificación en altura de la atmósfera solar, desde las capas más profundas hasta la cromosfera.

"Las observaciones obtenidas durante los casi siete días de vuelo tienen un valor científico incalculable. Estamos convencidos de que proporcionarán información valiosísima para comprender numerosos fenómenos físicos que aún no entendemos y, además, revelarán otros que desconocemos por completo", afirma el investigador principal del proyecto coordinado que lidera el S3PC.

Sunrise III es una colaboración entre el *Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung*, de Gotinga (Alemania), institución principal y responsable del telescopio y de SUSI, el tercer instrumento; el *Applied Physics Laboratory* de la *Johns Hopkins University*, de Laurel (Maryland, EEUU) responsable de la estructura que aloja el telescopio y sus instrumentos; el *National Astronomical Observatory of Japan*, de Tokio (Japón), institución principal del instrumento SCIP; el *Institut für Sonnenphysik*, de Friburgo (Alemania), responsable del seguidor por correlación –sistema óptico y de seguimiento diseñado para estabilizar el telescopio–; y la Red Española de Física Solar Aeroespacial (S3PC).

IRIS-2: APORTACIÓN AMATEUR EN UN PROYECTO CIENTÍFICO DE VANGUARDIA

El globo aerostático de Sunrise III también transportaba el instrumento IRIS-2, una cámara de vídeo e imágenes creada por un equipo español formado por astrónomos aficionados, ingenieros y técnicos. Este dispositivo sigue el legado de su predecesor, IRIS-1, que voló en Sunrise II en 2013. Su principal propósito es proporcionar imágenes para la comunicación y divulgación científica, además de contribuir al monitoreo y mejora de las interfaces mecánicas y el sistema de control del observatorio durante todo el proceso: desde el lanzamiento hasta la recuperación.

IRIS-2 fue clave para grabar ocho horas y media de vídeo y capturar más de 16.000 imágenes fijas durante el vuelo. Las cámaras graban en 4K a 30 fotogramas por segundo, capturando momentos clave del lanzamiento, aterrizaje y la suelta del globo. El equipo logró registrar detalles extraordinarios, demostrando la capacidad de un grupo de apasionados aficionados y amigos, de contribuir significativamente a una misión de tan alto nivel científico.

Revelan la primera evidencia sólida del mecanismo universal que da forma a los chorros cósmicos

UN EQUIPO INTERNACIONAL, CON PARTICIPACIÓN DEL IAA-CSIC, HA DESCUBIERTO UN MECANISMO UNIVERSAL QUE EXPLICA CÓMO LOS JETS –POTENTES CHORROS DE MATERIA Y ENERGÍA– MANTIENEN SU FORMA MIENTRAS VIAJAN POR EL ESPACIO

ESTE HALLAZGO HA SIDO POSIBLE GRACIAS A LAS OBSERVACIONES DEL KARL G. JANSKY VERY LARGE ARRAY (VLA), UN OBSERVATORIO RADIOASTRONÓMICO DE GRAN VERSATILIDAD UBICADO EN ESTADOS UNIDOS

Los chorros o jets son potentes flujos de materia y energía que se observan en una amplia gama de escalas en el universo: desde los agujeros negros supermasivos en el centro de galaxias, hasta las protoestrellas –estrellas en formación– en nuestra propia Vía Láctea. A pesar de la diversidad de sus fuentes de energía, se cree que estos chorros, que viajan a velocidades supersónicas, en algunos casos cercanas a la de la luz, y desempeñan un papel clave en la evolución de sus entornos, son manifestaciones diferentes de un mismo fenómeno universal. Sin embargo, su mecanismo de colimación, es decir, cómo logran mantenerse tan concentrados y no dispersarse en el espacio, ha sido un enigma durante décadas.

Ahora, este estudio, publicado en la revista *Astrophysical Journal Letters*, "proporciona la primera evidencia sólida de la existencia de un campo magnético helicoidal –en forma de muelle espiral– en un jet protostelar, respaldando así la universalidad del mecanismo de colimación de jets en diferentes entornos astrofísicos", sostiene Adriana Rodríguez-Kamenetzky, del Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina y Universidad Nacional de Córdoba (CONICET-UNC) que lidera el trabajo.

Este hallazgo, basado en observaciones realizadas desde el observatorio radioastronómico *Karl G. Jansky Very Large Array* (VLA) del Observatorio Nacional de Radioastronomía (NRAO), gestionado por la Fundación Nacional de Ciencia de EE.UU. (NSF), revela que este campo magnético helicoidal es el responsable de guiar estos jets, tanto en estrellas jóvenes como en agujeros negros supermasivos.

"Este estudio ha requerido utilizar largos tiempos de integración y un proceso de calibración y reducción de datos muy elaborado, llevando el VLA al límite de sus posibilidades", apunta Guillem Anglada, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que forma parte del trabajo.

UN CAMPO MAGNÉTICO HELICOIDAL, LA CLAVE DEL ENIGMA

La alta sensibilidad y el amplio ancho de banda del renovado VLA permitieron al equipo investigador realizar un análisis sin precedentes de la denominada Medida de Rotación de la radiación sincrotrón –un tipo de emisión electromagnética producida por partículas cargadas que se mueven a altas velocidades en campos magnéticos– del jet conocido como HH 80-81, originado en una estrella joven de nuestra galaxia. Esto permitió a los investigadores medir la rotación del ángulo de polarización de la radiación al atravesar un medio magnetizado e ionizado, conocida como rotación de Faraday, revelando la verdadera orientación del campo magnético. Gracias a esta técnica se ha logrado confirmar la presencia de un campo magnético helicoidal, similar a los detectados en jets producidos por agujeros negros supermasivos en distantes galaxias activas. Al ser HH 80-81 un jet mucho más cercano, sus propiedades han podido estudiarse alcanzando un grado de detalle mucho mejor.

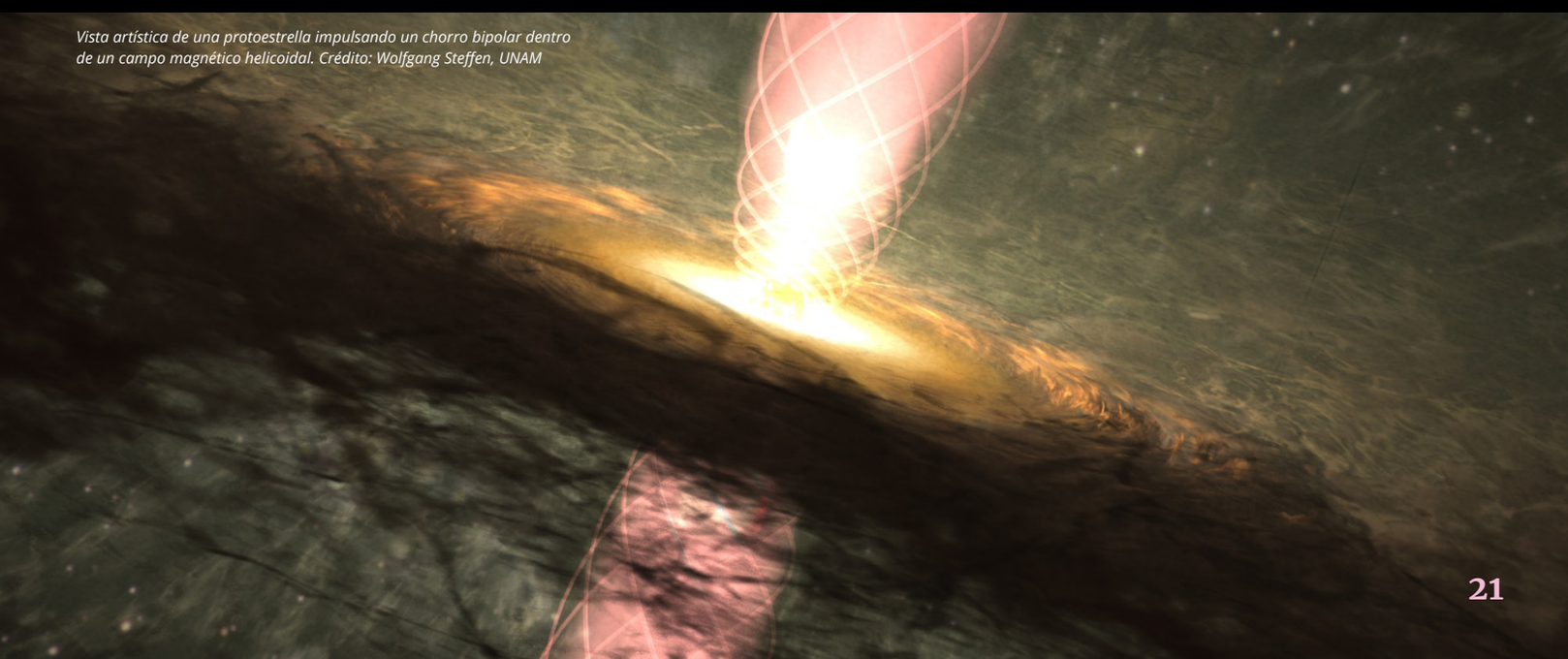
Este descubrimiento es la primera prueba clara de que los jets de estrellas jóvenes y los de galaxias lejanas comparten el mismo proceso para mantenerse concentrados.

UN MECANISMO UNIVERSAL

En 2010, se logró mapear por primera vez la distribución del campo magnético en un jet de una protoestrella, es decir, el patrón del campo proyectado en el plano del cielo. Este hallazgo ya mostró importantes similitudes, aunque a una escala mucho más pequeña, con los jets que emergen de los discos de acreción que giran en torno a los agujeros negros supermasivos en galaxias activas. "Ahora, hemos dado un paso más allá al mapear no solo la distribución del campo magnético en el plano del cielo, sino también en la dirección de la línea de visión, lo que nos ha permitido obtener su estructura tridimensional", afirma Guillem Anglada (IAA-CSIC). "Al hacerlo, las similitudes con los jets extragalácticos son aún más evidentes."

Una de las ventajas de estudiar un jet protoestelar es que, al ser un objeto más cercano, se puede observar con mucho más detalle, lo que ha permitido al equipo científico obtener información sobre propiedades físicas que son desconocidas en los jets extragalácticos. Así, se ha podido confirmar que el campo magnético helicoidal es intrínseco al sistema disco-jet y no es el resultado de interacciones con el medio circundante.

Todos estos avances apuntan a la existencia de un mecanismo universal de colimación que podría ser común a todos los jets astrofísicos, desde los de las estrellas jóvenes hasta los de los agujeros negros supermasivos. "Este descubrimiento nos ayuda a comprender mejor los procesos fundamentales que rigen los flujos de materia y energía en el universo", concluye Anglada.



Vista artística de una protoestrella impulsando un chorro bipolar dentro de un campo magnético helicoidal. Crédito: Wolfgang Steffen, UNAM

Detectan un flujo de viento supersónico en el ecuador de un exoplaneta gigante

EL IAA-CSIC FORMA PARTE DEL EQUIPO INTERNACIONAL QUE HA IDENTIFICADO EL VIENTO MÁS RÁPIDO JAMÁS MEDIDO EN UN PLANETA, REGISTRADO EN LA ATMÓSFERA DEL EXOPLANETA GIGANTE WASP-127B, SITUADO A MÁS DE 500 AÑOS LUZ DE LA TIERRA

Hace tan solo unos años, únicamente era posible determinar dos características clave de los exoplanetas: su masa y su radio. Sin embargo, los avances tecnológicos recientes han abierto una ventana completamente nueva al estudio de estos mundos más allá de nuestro sistema solar. Instrumentos de última generación, como CRIRES+, un espectrógrafo criogénico de alta resolución en el infrarrojo –desarrollado específicamente para buscar y caracterizar exoplanetas tipo supertierra potencialmente habitables–, permiten explorar en detalle la dinámica y composición de sus atmósferas. Gracias a esta tecnología, un reciente estudio, en el que participa el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), y que ha sido publicado en la revista Astronomy & Astrophysics, ha permitido descubrir una potente corriente en chorro que circula a velocidad supersónica por el ecuador del exoplaneta WASP-127b. "Se trata del viento más rápido jamás medido en ningún planeta conocido hasta el momento", señala Lisa Nortmann, investigadora de la Universidad de Gotinga, Alemania, que lidera el trabajo.

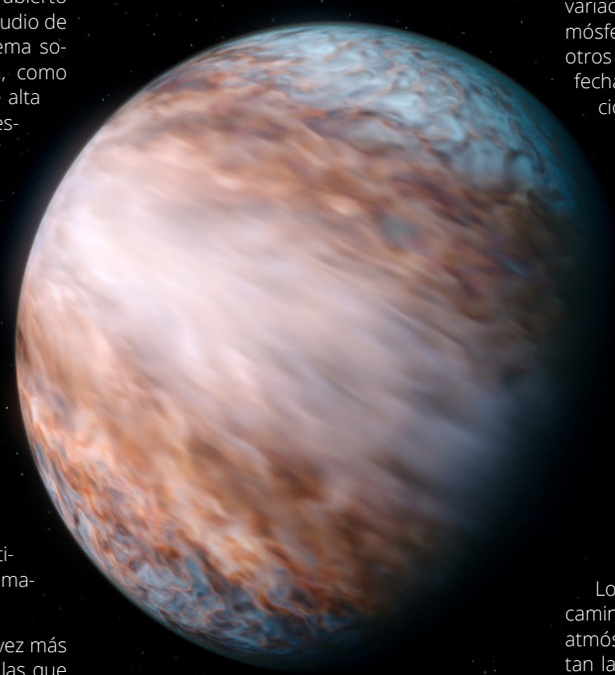
Este salto en precisión nos acerca cada vez más a comprender mejor las condiciones en las que podrían surgir planetas similares a la Tierra. "Los planetas gigantes calientes son algo que no tenemos en nuestro Sistema Solar. Estudiar sus atmósferas en gran detalle supone una manera de comprender los procesos químicos y dinámicos que llevaron a la formación de estos planetas extraordinarios y de poner a prueba nuestros modelos teóricos en casos únicos como el de WASP-127b", destaca Denis Shulyak, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía y coautor del artículo.

WASP-127 B: UN EXOPLANETA GIGANTE CON UNA ÓRBITA MUY CERCANA A SU ESTRELLA

El equipo internacional estudió la atmósfera del exoplaneta WASP-127b utilizando espectroscopía infrarroja de alta resolución. WASP-127b es un tipo de exoplaneta conocido como "Júpiter caliente" porque tiene un tamaño similar al de Júpiter en nuestro propio Sistema Solar, pero mucho menos masivo: tiene solo una sexta parte de su masa y con una temperatura atmosférica mucho más alta. Esta temperatura tan elevada se debe a una distancia orbital muy corta, ya que WASP-127b está cien veces más cerca de su estrella anfitriona –de tipo G– que Júpiter del Sol.

Su descubrimiento fue anunciado en 2016 y sigue siendo un objeto de estudio interesante, ya que sus características extremas lo convierten en un laboratorio natural para entender cómo se forman y evolucionan los planetas gigantes en sistemas distintos al nuestro.

Impresión artística de los vientos supersónicos en WASP-127b. Crédito: ESO/L. Calçada



VIENTO SUPERSÓNICO Y VARIACIONES ATMOSFÉRICAS

Debido a la lejanía de este planeta, que impide su observación directa desde la Tierra, y al intenso brillo de su estrella, que oculta cualquier luz emitida por el propio planeta, el equipo recurrió a un enfoque indirecto para su estudio. Cuando el planeta pasa frente a su estrella, parte de la luz de esta atraviesa la atmósfera del planeta. Al analizar y comparar la luz recibida antes y durante el tránsito del exoplaneta, a través del disco de la estrella, el equipo científico pudo reconstruir las propiedades atmosféricas del planeta.

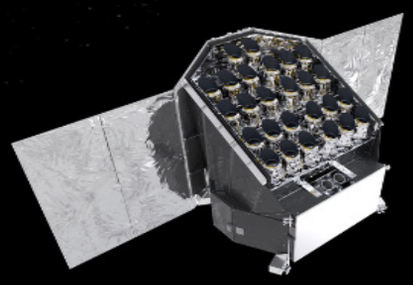
Los resultados confirman la presencia de vapor de agua y monóxido de carbono en la atmósfera de WASP-127b. Además, y para sorpresa de los investigadores, los análisis detallados de las formas de las líneas espectrales demostraron un perfil de velocidad con doble pico en el material atmosférico. Este descubrimiento indica que parte de la atmósfera se mueve hacia nosotros a una velocidad asombrosa de 9 km por segundo, mientras que otra parte se aleja de nosotros a la misma velocidad, lo que sugiere la presencia de una potente corriente en chorro circulando a velocidad supersónica en el ecuador del planeta. Este chorro se mueve casi seis veces más rápido que la rotación del planeta. "Esto es algo que nunca habíamos observado antes", apunta Lisa Nortmann (Universidad de Gotinga). En comparación, el viento más rápido medido en el Sistema Solar se encontró en Neptuno, moviéndose a 0.5 km por segundo.

Al mismo tiempo, los datos revelaron señales más débiles provenientes de los polos del planeta, lo que indica condiciones más frías en comparación con el ecuador y confirma la presencia de variaciones latitudinales significativas en su atmósfera. Aunque esto ya se había observado en otros planetas de nuestro Sistema Solar, hasta la fecha había sido un desafío estudiar tales variaciones en planetas extrasolares.

El Dr. Artie Hatzes, investigador principal del instrumento CRIRES+ y parte del equipo de investigación, asegura que capturar esos detalles de velocidad del material atmosférico de un exoplaneta, solo es posible con espectroscopía de alta resolución en un gran telescopio. "Este descubrimiento resalta una de las razones por las que construimos CRIRES+. Nuestra capacidad para utilizarlo a la hora de resolver los detalles finos de las atmósferas de los exoplanetas nos da una mejor comprensión de estos mundos distantes y complementa los hallazgos de los telescopios espaciales."

Los resultados de este estudio allanan el camino para futuras investigaciones sobre las atmósferas de los exoplanetas, a la vez que sientan las bases para la espectroscopía de alta resolución en futuros instrumentos como ANDES, que se instalará en el Extremely Large Telescope (ELT) de ESO. Los datos observacionales también ayudarán a guiar futuros trabajos teóricos, especialmente a la hora de predecir cómo los gigantes gaseosos –planetas masivos compuestos principalmente de gases– hacen circular el calor y los químicos.

El trabajo demuestra cómo los instrumentos de alta resolución como CRIRES+ permiten a los astrónomos mapear los patrones climáticos de mundos distantes, incluso sin poder observar directamente sus superficies. WASP-127b, con sus características atmosféricas únicas y vientos rápidos, proporciona un amplio estudio de caso sobre la dinámica atmosférica en planetas ubicados más allá de nuestro Sistema Solar.



Representación artística de la misión PLATO. Créditos: ESA/ATG medialab

El IAA participa en PLATO, la primera misión científica que volará a bordo del nuevo cohete europeo Ariane 6

EL PASADO 29 DE ENERO, DURANTE LA CONFERENCIA ESPACIAL EUROPEA EN BRUSELAS (BÉLGICA), LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA) FIRMÓ UN ACUERDO CON LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE ESPACIAL ARIANESPACE PARA LANZAR SU MISIÓN PLATO A FINALES DE 2026

En los últimos 15 años, las misiones espaciales fotométricas de alta precisión, desarrolladas por las principales agencias espaciales del mundo, han impulsado avances significativos en física estelar y en ciencia exoplanetaria. En este contexto, la innovadora misión PLATO (*PLAnetary Transits and Oscillation of stars*) de la ESA ha sido diseñada para descubrir planetas potencialmente habitables alrededor de estrellas similares a nuestro Sol. Su objetivo es estudiar en detalle miles de exoplanetas, con especial atención a los de tipo terrestre—rocosos y compuestos principalmente de silicio, oxígeno y metales—en contraste con los gigantes gaseosos como Júpiter o Saturno. "PLATO permitirá estudiar análogos a la Tierra y sentará las bases científicas para entender los sistemas planetarios como el nuestro", comenta el Dr. Javier Pascual, jefe del Grupo de Variabilidad Estelar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y miembro del consorcio PLATO España.

El cazador de planetas PLATO será la primera misión científica en viajar a bordo de Ariane 6, el nuevo cohete de carga pesada de Europa, equipado con dos propulsores que permitirán su despegue desde el Puerto Espacial Europeo, en la Guayana Francesa, a finales de 2026. El vehículo será situado en órbita alrededor del punto de Lagrange L2 del sistema Sol-Tierra, a 1,5 millones de kilómetros de la plataforma de lanzamiento. "El Ariane 6 es un cohete de última generación e incorpora últimas tecnologías aeroespaciales orientadas a una mayor gestión de la basura espacial, así pues desde el punto de vista de la industria aeroespacial, PLATO será pionera en muchos aspectos", explica el Dr. Pascual (IAA-CSIC)

Para cumplir su misión, PLATO utilizará 26 cámaras para observar más de 200.000 estrellas simultáneamente en busca de planetas orbitando a su alrededor. Para detectarlos, se aplicará el método de tránsito, que consiste en detectar el bloqueo de luz que se produce cuando un planeta pasa frente a su estrella anfitriona. Analizando este oscurecimiento, se pueden determinar el tamaño, la masa y la densidad del planeta. Su instrumentación científica es fruto de la colaboración entre la ESA y el Plato Mission Consortium, un consorcio que agrupa centros de investigación, institutos e industrias europeas.

ESPAÑA, ACTOR CLAVE EN LA MISIÓN PLATO

España desempeña un papel clave en la misión PLATO, proporcionando los ordenadores de a bordo que procesarán todas las imágenes y datos científicos, así como las estructuras termomecánicas de las 26 cámaras y la calibración en vacío térmico de 10 de ellas. Además, participa en el desarrollo e implementación de nuevas herramientas para el análisis y tratamiento de los datos que el satélite generará durante los cuatro años posteriores a su lanzamiento, previsto para finales de 2026.

El consorcio PLATO España incluye miembros procedentes de siete destacados centros de investigación nacional: Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Centro de Astrobiología (CAB-CSIC/INTA), Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Instituto de Ciencias del Espacio (ICE), Universidad de Granada (UGR) y Universidad de Valencia (UV).

En concreto, el IAA-CSIC, a través de su Unidad de Desarrollo Instrumental y Tecnológico (UDIT), responsable del desarrollo de las dos unidades principales de electrónica (MEU, por sus siglas en inglés). Su trabajo abarca desde los primeros prototipos y modelos estructurales, de ingeniería y de cualificación hasta los modelos definitivos que volarán en 2026. La MEU no solo recibe información de las 24 cámaras normales de PLATO, sino que también procesa las imágenes y envía la información al ordenador central del instrumento.

"Llevamos trabajando en la MEU de PLATO desde hace diez años y actualmente los modelos de vuelo están siendo integrados en Thales Alenia Space España, Madrid, hemos conseguido un equipo con gran experiencia para poder continuar con las próximas misiones de espacio" destaca el investigador principal y responsable de las MEUs de PLATO, el Dr. Julio Rodríguez Gómez (IAA-CSIC).

Por otro lado, el Grupo de Variabilidad Estelar del IAA-CSIC participa en el desarrollo científico previo a la misión, con varias líneas de investigación que incluyen técnicas innovadoras de análisis de datos, modelos estelares avanzados e inteligencia artificial. Su objetivo es lograr un procesamiento masivo de datos para la creación de modelos teóricos estelares y planetarios. Además, los investigadores del IAA-CSIC promueven un sistema de ciencia abierta para que los datos de la misión y su procesado estén accesibles a toda la comunidad científica.

"Para lograr solucionar los retos de interpretación de los datos de las estrellas pulsantes es imprescindible el uso de herramientas matemáticas y computacionales alternativas a las habituales y la difusión de los resultados de manera que estos sean completamente reproducibles por la comunidad", subraya Javier Pascual (IAA-CSIC)

ARIANE 6: EL VEHÍCULO DE LANZAMIENTO QUE IMPULSARÁ LA MISIÓN

El Ariane 6 realizó su primer vuelo en julio del año pasado, y su segundo lanzamiento está previsto para el próximo mes de marzo, con una intensificación de misiones en los meses siguientes. Este cohete pesado, el más reciente de Europa, ha sido diseñado para ofrecer una gran potencia y flexibilidad a un costo inferior al de sus predecesores. Su configuración, que incluye una etapa principal mejorada, la opción de dos o cuatro potentes propulsores y una nueva etapa superior reiniciable, mejora la eficiencia y versatilidad para una amplia gama de misiones.

El proyecto PLATO recoge el legado de la misión CoRoT (COnvección, ROtación y Tránsitos planetarios, 2006-2013), liderada por la Agencia Espacial Francesa (CNES) y la ESA. CoRoT fue la primera misión espacial dedicada a la búsqueda de planetas extrasolares y al estudio de la astrosismología, la ciencia que analiza las oscilaciones y vibraciones de las estrellas.

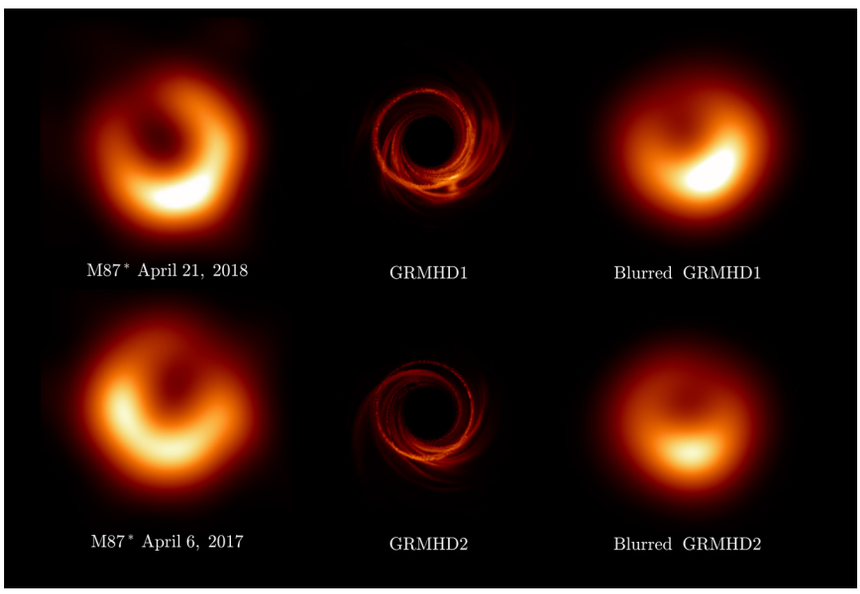
"La experiencia en el estudio de exoplanetas y pulsación estelar a través de misiones como CoRoT, de la que nuestro grupo en el IAA-CSIC lideró la contribución española, es crucial para lograr los retos de una misión como PLATO, que pretende asentar bases sólidas sobre el estudio de las exo-Tierras. A su vez, PLATO servirá como puente a futuras misiones como ARIEL, que a bordo de un Ariane 6 y en L2 también, servirán para caracterizar las atmósferas de las exo-Tierras descubiertas y analizadas por el consorcio científico de PLATO", concluye el Dr. Pascual (IAA-CSIC).

El cohete Ariane 6, desarrollado por la ESA, con sus Estados miembros y sus socios industriales liderados por ArianeGroup, sucede a Ariane 5, el lanzador más fiable y competitivo durante décadas. Este lanzador garantizará a Europa un acceso seguro y autónomo al espacio, de modo que no dependa de las capacidades y prioridades de otras naciones. Créditos: ESA

Avances en el estudio de M87*: revelan detalles del turbulento flujo de acreción del agujero negro

LA COLABORACIÓN DEL EHT, EN LA QUE PARTICIPA EL IAA-CSIC, AVANZA EN EL ESTUDIO DEL AGUJERO NEGRO SUPERMASIVO M87*

EL ANÁLISIS HA REVELADO NUEVOS DATOS SOBRE LA ESTRUCTURA Y DINÁMICA DEL PLASMA CERCANO AL HORIZONTE DE SUCESOS DE M87*



Imágenes observadas y teóricas de M87. Los paneles de la izquierda muestran imágenes del EHT de M87* de las campañas de observación de 2018 y 2017. Los paneles centrales presentan ejemplos de imágenes de una simulación magnetohidrodinámica relativista general (GRMHD) en dos momentos distintos. Los paneles de la derecha presentan los mismos momentos de la simulación, desenfocados para coincidir con la resolución observacional del EHT. Crédito: EHT Collaboration*

El horizonte de sucesos, la frontera más allá de la cual nada –ni siquiera la luz– puede escapar de la extrema gravedad del agujero negro, sigue siendo una de las áreas más enigmáticas en el estudio del universo. A partir de observaciones realizadas en 2017 y 2018, la colaboración del Telescopio de Horizontes de Sucesos (EHT, por sus siglas en inglés) ha profundizado en nuestra comprensión del agujero negro supermasivo ubicado en el centro de la galaxia Messier 87, conocido como M87*. Este trabajo abre nuevas posibilidades para estudiar las regiones cercanas al horizonte de sucesos a lo largo de varios años, apoyándose en una biblioteca actualizada de imágenes simuladas que incluye más de 120.000 imágenes adicionales respecto a la versión anterior.

El equipo internacional, del que forma parte el IAA-CSIC, confirmó que el eje de rotación del agujero negro de la galaxia M87 apunta en dirección opuesta a la Tierra y demostró que la turbulencia dentro del disco de acreción —el gas que rota alrededor del agujero negro— juega un papel crucial a la hora de explicar el cambio observado en el pico de brillo del anillo de M87* en comparación con 2017. Los resultados, publicados en *Astronomy & Astrophysics*, representan un gran avance en el entendimiento de las dinámicas complejas en los entornos de los agujeros negros.

"La interacción entre un agujero negro y su turbulento entorno representa un fenómeno físico extremo regido por la gravedad. Con cada nueva observación, avanza nuestra comprensión de la compleja dinámica en los entornos más hostiles del universo, proporcionando pistas críticas sobre los misterios que rodean a los agujeros negros y sus entornos", expone Kotaro Moriyama, investigador del grupo del EHT en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

NUEVO ANÁLISIS DEL AGUJERO NEGRO SUPERMASIVO

Seis años después de la histórica publicación de la primera imagen de un agujero negro, la colaboración del EHT revela un nuevo análisis del agujero negro supermasivo en el corazón de la galaxia M87. Este análisis combina observaciones realizadas en 2017 y 2018, proporcionando nuevos conocimientos sobre la estructura y dinámica del plasma cerca del horizonte de eventos.

Esta investigación representa un salto significativo en nuestra comprensión de los procesos extremos que rigen los agujeros negros y sus entornos, proporcionando nuevos conocimientos teóricos sobre algunos de los fenómenos más misteriosos del universo. "El entorno de acreción del agujero negro es turbulento y dinámico. Dado que podemos tratar las observaciones de 2017 y 2018 como mediciones independientes, podemos restringir el entorno del agujero negro desde una nueva perspectiva", explica Hung-Yi Pu, profesor asistente en la Universidad Normal Nacional de Taiwán.

CONFIRMACIONES Y PREDICCIONES

Las observaciones de 2018 confirman la presencia del anillo brillante detectado por primera vez en 2017, con un diámetro de aproximadamente 43 microsegundos de arco, en línea con las predicciones teóricas para la sombra de un agujero negro de 6.500 millones de masas solares. Un detalle notable es que la región más luminosa del anillo ha experimentado un desplazamiento de 30 grados en sentido antihorario. "En nuestra interpretación teórica original de las observaciones de 2017, predijimos que la región más brillante probablemente se desplazaría en sentido antihorario. Estamos muy contentos de que las observaciones de 2018 confirmen esta predicción" explica Abhishek Joshi, estudiante de doctorado en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. "Esta variabilidad representa un hito observacional crucial para medir el giro del agujero negro y desvelar las complejidades de su geometría espacio-temporal" afirma Kotaro Moriyama (IAA-CSIC).

El hecho de que el anillo siga siendo más brillante en la parte inferior nos dice mucho sobre la orientación del giro del agujero negro. Bidisha Bandyopadhyay, investigadora posdoctoral de la Universidad de Concepción, añade: "La ubicación de la región más brillante en 2018 también refuerza nuestra interpretación previa de la orientación del agujero negro a partir de las observaciones de 2017: el eje de rotación del agujero negro apunta en dirección opuesta a la Tierra".

Utilizando una biblioteca recientemente desarrollada y ampliada de imágenes generadas por supercomputadoras —tres veces mayor que la usada para interpretar las observaciones de 2017— el equipo evaluó modelos de acreción con datos de las observaciones de 2017 y 2018. "Cuando el gas espiraliza hacia un agujero negro desde lejos, puede fluir en la misma dirección en que gira el agujero negro o en dirección contraria. Descubrimos que este último caso es más probable de coincidir con las observaciones de varios años, debido a su mayor variabilidad turbulenta", explica León Sosapanta Salas, estudiante de doctorado en la Universidad de Ámsterdam. "El análisis de los datos del EHT de M87 de años posteriores (2021 y 2022) ya está en marcha y promete proporcionar restricciones estadísticas aún más robustas y conocimientos más profundos sobre la naturaleza del flujo turbulento que rodea al agujero negro de M87".

La destrucción de un planeta, posible causa de la misteriosa señal de rayos X emitida por una estrella moribunda

TRAS DÉCADAS RASTREANDO UNA ENIGMÁTICA SEÑAL DE RAYOS X PROCEDENTE DE UNA ESTRELLA EN LA ÚLTIMA ETAPA DE SU VIDA, ESTE ESTUDIO, COLIDERADO POR EL IAA-CSIC, PODRÍA HABER ENCONTRADO FINALMENTE SU ORIGEN: LA DESTRUCCIÓN DE UN PLANETA CERCANO

Esta representación artística muestra un planeta (a la izquierda) que se ha acercado demasiado a una enana blanca (a la derecha) y está siendo desgarrado por las fuerzas de marea de la estrella. La enana blanca se encuentra en el centro de una nebulosa planetaria representada por el gas azul en el fondo. Créditos: NASA/CXC/SAO/M. Weiss

Cuando una estrella como el Sol se acerca al final de su vida, su destino está marcado por un proceso de transformación imparable. Tras agotar su combustible, estas estrellas —conocidas como gigantes rojas en sus últimas etapas— expulsan sus capas exteriores al espacio, dando lugar a una nebulosa planetaria. En el centro, queda una enana blanca, el remanente estelar denso y caliente, que emite radiación ultravioleta. Esta radiación ilumina e ioniza el gas a su alrededor, creando las estructuras brillantes que caracterizan a estas fascinantes formaciones cósmicas.

Desde los años 80, distintas misiones de rayos X han detectado una señal inusual desde la estrella central de la Nebulosa de la Hélice, una de las nebulosas planetarias más cercanas a la Tierra. El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) forma parte de un estudio, recientemente publicado en la revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, que podría haber resuelto el enigma de esta señal. "En este trabajo interpretamos la emisión de rayos X duros en una enana blanca como el resultado de la acreción de material planetario", señala Martín A. Guerrero, investigador del IAA-CSIC y segundo autor del trabajo. "Finalmente hemos encontrado una conexión entre la emisión en rayos X duros de una enana blanca y los procesos de destrucción o supervivencia de un sistema planetario en torno a esta".

¿INDICIOS DE UN PLANETA EN DESTRUCCIÓN?

En décadas anteriores, los telescopios Einstein y ROSAT detectaron rayos X altamente energéticos procedentes de la enana blanca en el centro de la Nebulosa de la Hélice, denominada WD 2226-210 y situada a solo 650 años luz de la Tierra. Las enanas blancas como WD 2226-210 no suelen emitir rayos X energéticos.

Ahora, gracias a los potentes observatorios de rayos X, Chandra de la NASA y XMM-Newton de la ESA, la comunidad científica ha logrado una visión mucho más clara de este enigma que ha persistido durante décadas.

"Pensamos que esta señal de rayos X podría asociarse con restos planetarios atraídos hacia la enana blanca, como si fuese un último mensaje enviado por un planeta que fue destruido por la enana blanca en la Nebulosa de la Hélice", explica Sandino Estrada-Dorado, autor principal del estudio e investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México. "Podríamos finalmente haber resuelto un misterio que ha durado más de 40 años".

Anteriormente, se determinó que un planeta del tamaño de Neptuno se encuentra en una órbita muy cercana, completando una revolución en menos de tres días, alrededor de la enana blanca. Los investigadores de este último estudio concluyen que podría haber existido un planeta similar a Júpiter aún más cerca de la estrella. Este planeta podría haber estado inicialmente en una órbita mucho más lejos, pero habría terminado migrando hacia el interior del sistema debido a interacciones gravitatorias con otros planetas. Al acercarse lo suficiente a la enana blanca, su intensa gravedad habría acabado por desgarrar parcial o completamente el planeta.

"La misteriosa señal que hemos estado observando podría deberse a los restos del planeta destruido cayendo sobre la superficie de la enana blanca y calentándose hasta emitir rayos X", señala Martín A. Guerrero (IAA-CSIC). "Si se confirma, sería la primera vez que se observa la destrucción de un planeta en una nebulosa planetaria".

La investigación indica que la señal de rayos X de la enana blanca se ha mantenido aproximadamente constante en brillo entre 1992, 1999 y 2002, con observaciones de ROSAT, Chandra y XMM-Newton, respectivamente. Sin embargo, los datos sugieren una variación sutil y regular en la señal cada 2,9 horas, lo que indicaría la presencia de restos de un planeta extremadamente cercano a la enana blanca.

Los autores también han considerado la posibilidad de que, en lugar de un planeta, se tratase de la destrucción de una estrella de baja masa. Sin embargo, los efectos de marea dependen del tamaño del objeto: la diferencia de gravedad entre la parte frontal y posterior del objeto es mayor en cuerpos más grandes. La evidencia favorece la hipótesis de un planeta como Júpiter, ya que su tamaño es lo suficientemente grande como para que la gravedad de la enana blanca lo despedazara, mientras que una estrella de baja masa sería demasiado pequeña para experimentar este efecto.

WD 2226-210 presenta similitudes en su comportamiento en rayos X con otras dos enanas blancas que no están dentro de nebulosas planetarias. Una de ellas podría estar absorbiendo material de un planeta compañero, aunque de una manera más pausada y sin destruirlo rápidamente. La otra enana blanca parece estar atrayendo restos de un planeta sobre su superficie. Estos tres casos podrían definir una nueva clase de objetos variables o cambiantes.

"Es importante encontrar más sistemas como este, ya que pueden darnos información sobre la supervivencia o destrucción de planetas alrededor de estrellas similares al Sol a medida que envejecen", apunta Jesús A. Toalá, coautor del estudio e investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México. "Este trabajo también indaga sobre el destino del material planetario y su posible aprovechamiento para la formación de una segunda generación de planetas", concluye Martín A. Guerrero (IAA-CSIC).

OTRAS MIRADAS

De Islandia a la Luna

UN VIAJE CIENTÍFICO HACIA EL ESPACIO

Cráter islandés. Crédito: Paula Andrea Robayo Rodríguez

Islandia es una isla ubicada al noreste de Europa, un lugar marcado por su belleza salvaje, llena de glaciares, volcanes y paisajes únicos. A lo largo de los siglos, esta región fue colonizada por los vikingos, dejando una huella histórica profunda en su cultura y territorio. Hoy en día, Islandia se ha convertido en un destino muy popular para los turistas, gracias a sus paisajes surrealistas, que muchos comparan con otro planeta. Incluso la NASA podría respaldar esta afirmación, ya que en el pasado utilizó sus terrenos para preparar a los astronautas para las misiones lunares.

Durante los meses de verano, los glaciares islandeses comienzan a derretirse y los ríos bajan su caudal. Las Highlands, el corazón montañoso de la isla, se vuelven finalmente accesibles, aunque siguen siendo desafiantes. Solo se pueden recorrer en vehículos 4x4, atravesando ríos de agua glaciar. En esta época del año, la noche no existe, ya que Islandia se encuentra dentro del Círculo Polar Ártico.

A unos 32 kilómetros al norte de Vatnajökull, el glaciar más grande de Europa, se encuentra Askja, un imponente volcán cuya erupción en 1875 colapsó los cielos europeos, enviando cenizas hasta Polonia. Este lugar aislado ubicado en las Highlands ha sido el escenario de muchas simulaciones científicas organizadas por la NASA, incluida la famosa "Caminata Lunar", que comenzó en julio de 1967. La idea era preparar a los astronautas para las futuras misiones del Proyecto Apolo, acercándolos al ambiente lunar.

En la década de los 50, Estados Unidos y la Unión Soviética competían por liderar la conquista del espacio. En esa época, ambos países buscaban enviar satélites, naves espaciales y tecnología fuera de la atmósfera terrestre. Sin embargo, el objetivo más ambicioso era enviar a los primeros humanos al espacio exterior. Por ello, en 1961, el presidente J.F. Kennedy anunció ante el Congreso de los EE.UU. que se debía lograr un aterrizaje lunar antes del final de la década, dando inicio al Proyecto Apolo.

Los primeros astronautas seleccionados para este proyecto eran principalmente hombres con conocimientos en aeronáutica e ingeniería, capacitados para pilotar las naves espaciales hasta su destino final. No obstante, la NASA pronto se dio cuenta de que no había un propósito fijado al llegar a la luna, por lo que vieron la necesidad de preparar al equipo con una misión científica de exploración. Así, los astronautas comenzaron a recibir formación en geología, mineralogía, petrología y diferentes disciplinas, además de realizar excursiones de campo. Estas sesiones prácticas se llevaron a cabo en lugares como Alaska, California, Hawái, Nuevo México e Islandia.

Pero, ¿qué tenían en común todos estos paisajes? Todos ellos se caracterizaban por ser terrenos volcánicos únicos.

La relación entre los volcanes y la Luna es fascinante. A simple vista, los cráteres lunares nos muestran una textura que ha sido objeto de numerosas teorías surgidas antes del primer alunizaje. Una de ellas sugería que la Luna tuvo actividad volcánica en su pasado, lo que podría justificar muchos de sus cráteres. Otra teoría proponía que los cráteres se formaron principalmente por impactos de meteoritos y cometas. Fueron estas teorías las que guiaron la ubicación de los ejercicios simulados del Proyecto Apolo en terrenos volcánicos.

Preparación de las misiones Apolo en 1967. El agua derretida de los glaciares y la nieve dificultaban enormemente el traslado de vehículos. Crédito: NASA

Astronautas entrenándose en geología en Islandia en 1967. Crédito: NASA

El entrenamiento práctico tenía como objetivo principal que los astronautas adquirieran habilidades para recolectar muestras lunares. Además, debían aprender a manejar instrumentos especializados como martillos, palas, cinceles y cámaras, esenciales para registrar imágenes y vídeos. Este último desafío resultaba especialmente complicado en una época donde el acceso a cámaras era limitado y los astronautas debían aprender a manejarlas desde cero.

Durante el entrenamiento, se les enseñaba a clasificar las muestras recolectadas, a decidir cuántas podían traer, de acuerdo con los límites de peso, y a sellarlas adecuadamente para evitar su contaminación. Los astronautas debían familiarizarse con una amplia variedad de terrenos volcánicos, ya que esto les permitiría estar mejor preparados para enfrentarse a las posibles condiciones lunares y realizar comparaciones precisas.

Durante su tiempo en el Volcán Askja, los astronautas enfrentaron desafíos logísticos debido al derretimiento de glaciares, la acumulación de nieve y la movilidad limitada en ese entorno hostil. En estos entrenamientos, participaban en simulaciones como el "Moon Game" (Juego de la Luna), donde debían trabajar en parejas con un límite de tiempo para finalizar una tarea asignada. Se los llevaba a ubicaciones desconocidas, y debían planear rutas en terrenos complejos, recolectando muestras representativas del área. Estas experiencias ayudaron a mejorar la comunicación entre científicos y astronautas, especialmente en el uso de términos técnicos y nomenclaturas geológicas que aún no estaban estandarizadas. Harrison Jack Schmitt, el único astronauta geólogo del Proyecto Apolo, colaboró activamente en la creación de un temario claro y accesible, facilitando el aprendizaje y comprensión de conceptos científicos para todo el equipo.

Muchos astronautas aseguraron que el campo volcánico de Askja era el más similar a la luna debido a su superficie basáltica, una roca volcánica que, al enfriarse, se cristaliza y suele ser de color negro. Las condiciones climáticas extremas de Islandia, como sus fuertes vientos provenientes de la costa, la nieve y las superficies rocosas, dificultan la proliferación de una amplia vegetación, por lo que esta es casi inexistente allí.

Gracias a las muestras recolectadas por los astronautas en sus primeras caminatas lunares, se pudo determinar que la Luna había tenido actividad volcánica hace aproximadamente 120 millones de años, que, aunque parece un período extenso, en la escala del universo no es tan largo. Cuando los dinosaurios aún habitaban la Tierra, la Luna estaba cubierta por océanos de magma que, al enfriarse, formaron la superficie llena de escombros de roca erosionada y polvo que hoy conocemos.

A partir de estos descubrimientos, la teoría predominante es que los cráteres lunares se formaron principalmente por impactos, en lugar de vulcanismo. No obstante, la Luna sigue siendo un enigma científico y su estudio ha llevado a nuevos descubrimientos. Los isótopos lunares coinciden exactamente con los de la Tierra, lo que respalda la teoría de que ambas se formaron a partir de la colisión de la proto-Tierra con otro cuerpo planetario. Además, han surgido preguntas acerca de sí el núcleo de la Luna está inactivo o no. Las muestras recogidas y las imágenes capturadas en las misiones lunares no solo han proporcionado respuestas, sino que también han planteado nuevas inquietudes que podrían ayudarnos a entender mejor el desarrollo geológico de nuestro planeta y su destino.

Actualmente, la NASA sigue eligiendo Islandia para entrenar a los futuros astronautas. En el verano de 2024, el equipo de la misión Artemis II llegó a los paisajes volcánicos para continuar con las simulaciones y prepararse para futuras exploraciones lunares.

En definitiva, si eres un amante de la Luna y sus misterios, Islandia es, sin duda, un destino fascinante para explorar.

Los astronautas de la tripulación Artemis II, sus suplentes y el equipo de campo de entrenamiento geológico posando en un valle del parque nacional Vatnajökull de Islandia. Crédito: NASA Johnson Space Center / Robert Markowitz NASA-JSC

Por Paula Andrea Robayo Rodríguez

Profesional en Cine y Televisión con un Máster en Información y Comunicación Científica, apasionada por la ciencia, el arte y su difusión a través de enfoques creativos. Ha investigado sobre el rigor de las teorías científicas aplicadas en cuatro proyectos cinematográficos y actualmente realiza un Doctorado en Comunicación y Periodismo, con un enfoque en la permacultura.

Deborah Dultzin Kessler en 2010. Crédito: UNAM

Deborah Dultzin Kessler, la niña que miraba las estrellas

Deborah cuenta que cuando era muy pequeña y le preguntaban "¿qué vas a ser de mayor?", contestaba muy convencida "seré 'estrellifera'", y lo consiguió. Hoy es una de las astrónomas más reputadas de México, bien conocida por su trabajo sobre "Hoyos Negros", como a ella le gusta llamar a los Agujeros Negros. Desde la época de la niñez hasta la Deborah adulta hay una larga historia no exenta de fascinación.

Deborah nació en Monterey en 1945, de padres inmigrantes judíos. Su madre, Fredzia Kessler, emigró a México desde Polonia y su padre, León Aryeh Dultzin, desde Bieolorusia. Aunque la familia tenía una posición social bastante acomodada, la niñez y adolescencia de Deborah no fueron fáciles. Por un lado estaban sus problemas físicos, con varias operaciones en Estados Unidos, y, por otro, la actividad política de su padre, que le llevó en 1956 a trasladarse a vivir en Israel, llegando en 1978 a ser presidente de la Organización Sionista Mundial. Su madre, que encontraba en México sus raíces más profundas, no se trasladó con su marido, instalándose en México DF con su pequeña Deborah.

Realizó sus estudios de secundaria en un colegio judío hasta que, a la edad de 20 años, ingresó en la Facultad de Físicas de la Universidad Autónoma de México. Durante su estancia en la Universidad participó en los movimientos estudiantiles que desembocaron en la tragedia de septiembre de 1968, cuando el ejército ocupó la Universidad y persiguió a quienes eran activistas del Consejo Nacional de Huelga. Afortunadamente para ella, que tuvo que esconderse en casa de unos conocidos, se le otorgó una beca para continuar sus estudios en la Universidad Lomonosov de Moscú.

En la Universidad Lomonosov estudió el máster y el acceso para estudios de doctorado bajo la dirección del prestigioso físico Yakov Borishovich Zeldovich, convirtiéndose en la única mujer discípula de tan prominente científico. Deborah cuenta que este solía decir que "no hay un Einstein con faldas", pero ella era la excepción. Zeldovich la introdujo en su área de trabajo, el estudio de la física de agujeros negros. Desafortunadamente no pudo terminar la tesis de doctorado con él, ya que tuvo que regresar en 1973 a su país natal por problemas de salud. Tras su vuelta a México no quiso continuar con sus estudios en Rusia, ya que se casó con el eminente físico Sahen Hacyan, con quien tuvo dos hijos, Arturo y Ester.

La casualidad la ayudó en su carrera académica ya que, por aquel entonces, en los años 70, estaba tomando forma el Instituto de Astronomía de la UNAM, e incorporar a una astrónoma formada en relatividad se vio con buenos ojos. Se unió al Instituto trabajando al lado de Parish Pismis, Arcadio Poveda o Manuel Peimbert. No obstante, el Dr. Peimbert le aconsejó que su carrera sería difícil sin terminar su doctorado y, por ello, en 1985 se fue a realizar un año sabático a París para finalizar la tesis doctoral. Allí le convalidaron los estudios realizados en Rusia y, con el apoyo de la Profesora Suzy Collin, realizó una tesis sobre espectrofotometría de núcleos activos de galaxias en l'Université Paris-Sorbonne, con la mención Très Honorable. A su vuelta a México creó su propio grupo de investigación, liderando una línea de investigación muy sólida en el campo de la Astronomía Extragaláctica: "Núcleos Activos de Galaxias".

Cuenta con más de 300 artículos publicados en revistas de impacto internacional y un centenar de memorias sobre congresos internacionales. Su trabajo se ha caracterizado por romper dogmas con gran éxito y sus publicaciones han merecido más de 10000 citas, apareciendo en los rankings de ciencia entre los diez astrónomos más citados de América Latina.

Recibió el Premio Ciudad Capital Heberto Castillo Martínez en 2010, otorgado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México y, en esa ocasión, también por la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), por sus estudios de la cinemática y las condiciones físicas del entorno próximo al núcleo de las galaxias, fundamentales para la comprensión del origen de los cuásares y agujeros negros, así como por su destacada labor en la difusión de la ciencia y en la formación de nuevos investigadores. En 2016, por su destacada trayectoria y la relevancia de sus contribuciones a la Astrofísica, la doctora Deborah Dultzin Kessler fue merecedora del Premio Universidad Nacional en el área de Investigación en ciencias exactas. En 2023, el pleno del Consejo Universitario (CU) de la UNAM aprobó conferirle el grado de Investigadora Emérita, nombramiento que reconoce su gran trayectoria y su enorme compromiso con la excelencia académica.

Es destacable además su contribución a la formación de personal investigador. Ha impartido clases en la licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias desde su incorporación a la UNAM. Además, en 1988, contribuyó al diseño del posgrado en Astronomía y, desde entonces, continúa dando clases en él. Ha dirigido 22 tesis: diez de licenciatura, dos de maestría y diez de doctorado. Muchos de sus estudiantes ocupan puestos relevantes en diferentes centros de investigación de México.

No puedo acabar esta pequeña revisión de los méritos de Deborah sin mencionar su afición favorita, la música. Además de su habilidad como pianista, lo que más le apasiona es el canto. Pertenece, desde su formación, al Coro Filarmónico Universitario. Ella dice en una entrevista de la revista Azteca: *"Cantamos obras corales con orquesta y no sabes, para mí ese sí es un gran reto; para mí escribir un artículo científico ya no representa dificultad, leerlo tampoco, pero leer una partitura sí es un gran desafío. Aun así, me encanta esta actividad, me siento soñada. Cuando salimos al escenario y nos aplauden me siento artista".*

POR JOSEFA MASEGOSA (IAA-CSIC)

DESTACADOS

LAS INSTITUCIONES MUESTRAN SU APOYO AL IAA EN LA CELEBRACIÓN DE SUS 50 AÑOS DE HISTORIA

La Subdelegación del Gobierno, la Delegación del Gobierno de la Junta de Andalucía, la Diputación, la Universidad, el Ayuntamiento y la Cámara de Comercio de Granada han mostrado su apoyo a la conmemoración del 50 aniversario del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Estas instituciones granadinas se unen a la celebración del centro de investigación, apoyando su labor científica y divulgativa y participando en el programa de actividades diseñado para conmemorar su medio siglo de historia.

Programa de actividades: 50 años acercándote el cosmos

A lo largo del año, el IAA integrará sus actividades habituales dentro del marco conmemorativo del aniversario. No obstante, el instituto también ha preparado una serie de acciones especiales diseñadas exclusivamente para celebrar este hito y acercar la astrofísica a la ciudad.

Entre las acciones más destacadas, además de la creación del mural de El Niño de las Pinturas, que ya decora la fachada del instituto, se incluyen una exposición itinerante titulada 'Perspectivas', que recorrerá diversos espacios de la ciudad para mostrar cómo la investigación astronómica ha transformado nuestra comprensión del universo; la publicación de un libro conmemorativo que repasa los 50 años de historia del centro y que será presentado en la Feria del Libro de Granada; y, como colofón, un gran evento abierto a la ciudadanía, en el que se rendirá homenaje al legado científico del IAA y se invitará a la comunidad a sumarse a la celebración.

Además de estas iniciativas, el centro colabora en eventos de gran relevancia para la ciudad como el festival multidisciplinar Gravite o la Noche Europea de l@s Investigador@s. También participará en una experiencia que combina gastronomía y astrofísica de la mano de Chechu González, chef del restaurante María de la O.

Estas acciones contribuirán a hacer de este aniversario una celebración colectiva, reflejando el compromiso del Instituto de Astrofísica de Andalucía con la ciencia, la cultura y la sociedad.

UN LEGADO DE CIENCIA Y ARTE PARA GRANADA

La fachada del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) luce desde este marzo una obra del reconocido artista urbano El Niño de las Pinturas, una intervención que marca el inicio de la celebración del 50 aniversario del centro de Excelencia Severo Ochoa.

Con esta iniciativa, el IAA no solo busca conmemorar la trayectoria del Instituto, sino también dejar un legado a la ciudad: un regalo que perdure en el tiempo y conecte la ciencia con la comunidad. El centro no solo embellece su sede, sino que también busca convertirla en un espacio de inspiración para la comunidad y los visitantes.

Raúl Ruiz, más conocido como El Niño de las Pinturas, es un artista consolidado en el mundo del graffiti, que ha llevado su arte a rincones de todo el mundo. Con un estilo inconfundible, sus murales, caracterizados por una técnica depurada y mensajes cargados de poética social, han dejado huella en ciudades de todo el mundo. En esta ocasión, su obra en el IAA-CSIC rinde homenaje al sueño, la motivación y las vocaciones científicas de las nuevas generaciones.

El IAA-CSIC, con esta acción, se convierte en la primera institución de investigación en Granada en ceder su fachada para una obra artística de esta índole, integrándose así en el circuito de arte urbano y graffiti de la ciudad y de Andalucía.

Así, el instituto refuerza su vínculo con la ciudad de Granada y su escena cultural, al tiempo que subraya el valor del arte como una herramienta de divulgación y conexión de la ciencia a toda la sociedad.

LA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA

En la actualidad, las mujeres y niñas encuentran barreras de muchos tipos, a veces muy sutiles, que dificultan su presencia en la ciencia. Esta desigualdad es observable en la elección de los estudios por parte de las niñas y se va agudizando al avanzar en las carreras científicas y tecnológicas.

A fin de lograr el acceso y la participación plena y equitativa en la ciencia para las mujeres y las niñas, la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y las niñas, el 15 de diciembre de 2015 se proclamó el 11 de febrero de cada año como el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía se suma cada año a esta iniciativa con varias actividades en el centro destinadas a visibilizar el trabajo de las científicas y a crear roles femeninos en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería que promuevan prácticas que favorezcan la igualdad de género en el ámbito científico.

En la actividad 'Pregunta a una astrónoma' estudiantes de quinto y sexto de primaria del CEIP Abencerrajes se reunieron con varias investigadoras del IAA-CSIC (María Passas Varo, Yolanda Jiménez Teja, Azaymi Siu, Josefa Masegosa Gallego, Sara Cazzoli y María Álvarez Santiago) para hacerles preguntas de astronomía, sus carreras, ... ¡y lo que se les ocurriese! Previamente el alumnado las había investigado, ya que les dimos sus biografías y trabajaron sobre ellas durante los días previos ...

La actividad "Mesas Astronómicas" consistió en encuentros de pequeños grupos de estudiantes de primero de bachillerato del IES Zaídin-Vergeles y estudiantes noruegos que estaban de intercambio en su instituto con mujeres que trabajan en distintos ámbitos dentro del IAA-CSIC (Teresa Toscano Domingo, Mirjana Pović, Carolina Kehrig, Laura Darriba Pol, Isabel Bustamante Díaz y Amanda López Moreno), donde les pudieron plantear preguntas tanto de carácter científico como sobre su trayectoria personal y profesional.

Además, este año, con motivo del 11F, el Ayuntamiento de Granada junto con la Red de Igualdad, Diversidad e Inclusión de los centros CSIC granadinos (el Instituto de Astrofísica de Andalucía, la Estación Experimental del Zaidín, la Escuela de Estudios Árabes, el Instituto de Parasitología y Biomedicina López Neyra, el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra y el Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España) quiso visibilizar y dar a conocer el trabajo de dieciocho científicas que trabajan actualmente en estos seis centros.

Esto se llevó a cabo con una campaña de sensibilización a la población general sobre la presencia de las mujeres en la Ciencia y la celebración del III Concurso de Dibujo, Mural y Vídeo 11F. Del 27 de enero al 17 de febrero estuvieron expuestos distintos mupis por toda la ciudad, presentando fragmentos de la biografía y del trabajo de estas mujeres profesionales de los seis centros del CSIC granadinos. Las fichas biográficas de estas mujeres luego sirvieron de base para el Concurso 11F, dirigido a diferentes niveles educativos, que buscaba que el estudiantado realizara trabajos que contribuyesen a visibilizar a algunas de estas científicas.

Asimismo, con ocasión del 8M, Día Internacional de la Mujer, esta Red CSIC organizó el martes 11 de marzo, en el Parque de las Ciencias, la mesa redonda «La ciencia con rostro de mujer», que buscaba mostrar a la sociedad que la ciencia también es cosa de mujeres. En ella participaron varias investigadoras que viven y trabajan en Granada, en distintos centros del CSIC: Lourdes Verdes-Montenegro Atalaya (Instituto de Astrofísica de Andalucía), Luisa María Sandalio González (Estación Experimental del Zaidín), Carlota Escutia Dotti (Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra), Leticia Baena Ruíz (Instituto Geológico y Minero de España) y Elena González Rey (Instituto de Parasitología y Biomedicina López Neyra).

RECOMENDADOS

11F: ¿ESA PREGUNTA ES PARA MÍ?

Nuevo año, nuevas preguntas del alumnado del CEIP Nuestra Señora de las Angustias ... ¡y cuatro nuevas e intrépidas investigadoras para que nos han ayudado a responderlas!

Este año, para contestar las preguntas, contamos con la inestimable ayuda de las investigadoras Gabriella Gilli, Clara Cabanillas de la Casa, Marta Puig Subirà y Laly Gallego Cano.

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

Enlace al vídeo de YouTube en este QR

50
IAA
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA
EXCELENCIA SEVERO OCHOA
CSIC
@iaa_csic
@iaa.comunicación
@iaacsic.bsky.social
@iaaudc
Instituto de Astrofísica de Andalucía
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Excelencia Severo Ochoa