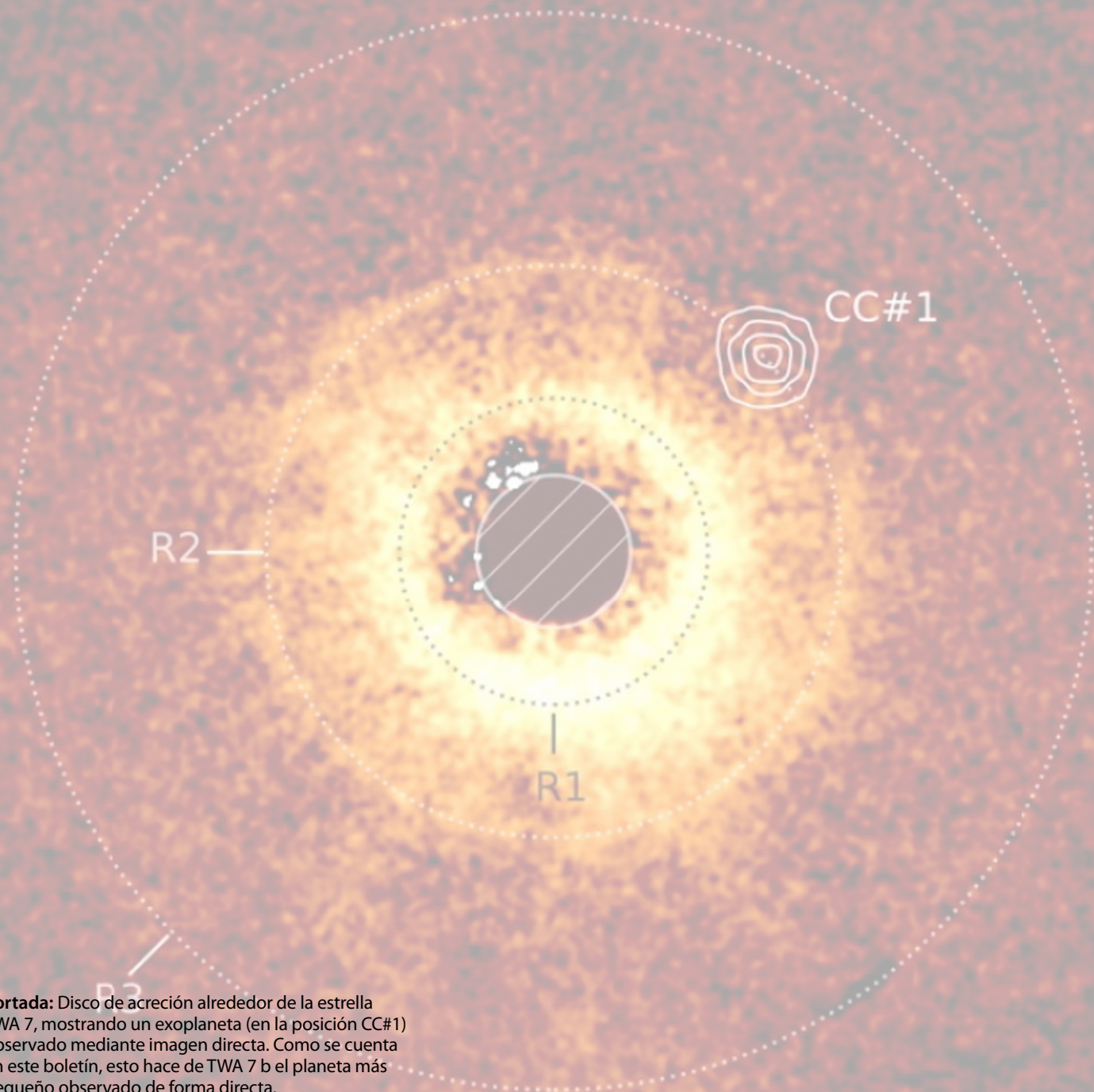


# SEA

Sociedad Española de Astronomía



**Portada:** Disco de acreción alrededor de la estrella TWA 7, mostrando un exoplaneta (en la posición CC#1) observado mediante imagen directa. Como se cuenta en este boletín, esto hace de TWA 7 b el planeta más pequeño observado de forma directa. Crédito: Lagrange *et al.* 2025.

#### Comité editorial:

Consuelo Cid Tortuero  
Nuria Huélamo Bautista  
José María Diego  
Marc Ribó  
Adriana de Lorenzo-Cáceres Rodríguez  
Fernando J. Ballesteros Roselló  
Amelia Ortiz Gil

#### Maquetación:

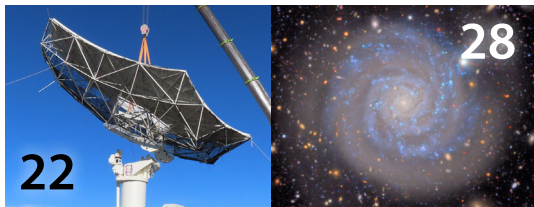
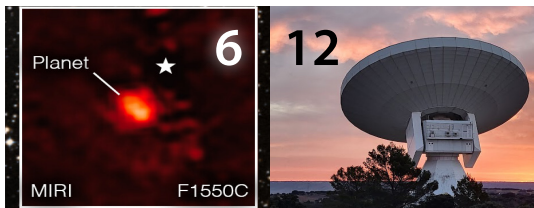
Fernando J. Ballesteros Roselló

ISSN:1575-3476

Sociedad Española de Astronomía SEA  
[www.sea-astronomia.es](http://www.sea-astronomia.es)

Contacto  
[boletin@sea-astronomia.es](mailto:boletin@sea-astronomia.es)

# CONTENIDOS



- 5 Editorial
- 6 Exoplanetas con JWST
- 12 50 años escuchando el Universo desde el Observatorio de Yebes
- 22 El SKAO se pone en marcha
- 28 El Observatorio Vera C. Rubin y el Legacy Survey of Space and Time (LSST)
- 32 El legado de Cecilia Payne-Gaposchkin
- 36 Los principales resultados de DESI y la contribución del IAA-CSIC
- 44 Concurso de dibujo infantil 11F 2026: Mujeres y Astronomía
- 48 Bases del Concurso de fotografía Eclipse Solar - 12 de agosto de 2026
- 50 Ecos de (la) Sociedad
- 51 Libros
- 52 Tesis doctorales

Vera Rubin midiendo espectros en 1974 en el Departamento de Magnetismo Terrestre de la Institución Carnegie en Washington, D.C. Crédito: NOIRLab/NSF/AURA.



# EDITORIAL

El telescopio espacial James Webb ha revolucionado el estudio de exoplanetas, permitiendo alcanzar contrastes sin precedentes en imagen directa. Esto ha hecho posible detectar planetas más pequeños y fríos fuera del Sistema Solar, ampliando el conocimiento sobre la formación y evolución de sistemas planetarios. Isabel Rebollido abre este boletín con un resumen de los descubrimientos del JWST hasta la fecha en este campo y las perspectivas futuras como la caracterización de atmósferas de planetas tipo terrestre o la búsqueda de planetas gigantes con largos períodos.

Y como viene sucediendo en los últimos boletines, también en este estamos de celebración. Muchas felicidades al Observatorio de Yebes por haber conseguido ser un referente internacional, fruto de medio siglo de desarrollo en radioastronomía, inversión sostenida y el esfuerzo de un equipo altamente cualificado. Y gracias a Pablo de Vicente por hacernos un resumen desde los inicios de esta institución y de los grandes logros como la contribución a la primera en mostrar simultáneamente el anillo de emisión y el chorro relativista.

Y seguimos de enhorabuena, porque, aunque el despliegue de antenas sobre el terreno continúa, ya se están realizando las primeras observaciones con SKAO y los hitos iniciales de la fase de puesta en marcha están demostrando el enorme potencial científico de la infraestructura. En julio de 2025, SKA Mid alcanzó uno de sus hitos más importantes cuando se detectó con éxito la línea de emisión de 21 cm del hidrógeno neutro con la primera antena que se ensambló. Gracias a Theresa Wiegert, Marcos Villaverde y Lourdes Verdes-Montenegro por contárnoslo.

Tras dos décadas de desarrollo, el Observatorio Vera C. Rubin ha iniciado operaciones en Chile, llevando a cabo el ambicioso LSST: un cartografiado profundo del cielo austral durante diez años. Sus primeras alertas desde 2026 marcan el inicio de un proyecto clave para estudiar materia y energía oscuras, con destacada participación española. Gracias a Lluís Galbany por este artículo.

Y de nuevo nuestro homenaje a los astrónomos pioneros. En este boletín nos centramos en Cecilia Payne-Gaposchkin, dado que se acaba de celebrar el centenario de la publicación de su tesis doctoral titulada "Atmósferas estelares, una contribución al estudio de observación de las altas temperaturas en las capas de inversión de las estrellas", considerada como la tesis de doctorado más brillante nunca escrita en la historia de la astronomía. Gracias a Sergio Simón-Díaz por contarnos esta historia.

Contamos en este boletín con otro de los mayores esfuerzos actuales en cosmología observacional: el instrumento DESI. Con el objetivo de medir con gran precisión la expansión del universo, DESI está construyendo un mapa tridimensional del cosmos con decenas de millones de galaxias y cúasares. Nos lo cuentan Elena Fernández García y Francisco Prada.

También hay un espacio para mostrar los dibujos ganadores de la quinta edición del concurso de dibujo infantil "Mujeres y Astronomía", celebrado con motivo del 11 de febrero, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, y organizado, como en las pasadas ediciones por la Comisión Mujeres y Astronomía de la SEA. Gracias a Sara Rodríguez Berlanas, Beatriz Agís, Francesca Pinna y Maritza Lara Lopez por darnos toda la información del concurso.

Y seguimos con concursos. Publicamos en este boletín las bases del concurso de fotografía que convoca la Sociedad Española de Astronomía con motivo del eclipse solar del 12 de agosto de 2026. Animamos a todos a difundir el concurso entre aficionados a la fotografía y ¡esperamos sus fotos!

Además, podrán encontrar las secciones habituales de Ecos de (la) Sociedad, Tesis Doctorales y la interesante reseña de un libro propuesto por Enric Marco.

Desde el Comité Editorial esperamos que disfruten leyendo este Boletín.

Consuelo Cid Tortuero  
*Universidad de Alcalá*

El telescopio espacial James Webb, con su diversidad de instrumentos y una excelente sensibilidad en el rango infrarrojo, ha abierto una nueva ventana en la observación de exoplanetas. En particular, ha aumentado el contraste para la observación directa hasta un millón de veces por debajo del brillo de la estrella central, y ha permitido la observación de atmósferas exoplanetarias más allá de 1.6  $\mu\text{m}$ .



**Isabel Rebollido Vázquez**  
*irebollido@cab.inta-csic.es*  
Centro de Astrobiología, CSIC-INTA

A pesar de que hoy en día la existencia de planetas fuera del Sistema Solar está firmemente establecida, en la década de 1980, cuando se propuso por primera vez la construcción de un telescopio espacial de gran tamaño, todavía no había ningún exoplaneta confirmado. En ese momento los fascinantes resultados de Hubble sobre la constante cosmológica y la necesidad de explorar el universo temprano, pusieron la necesidad de un gran telescopio infrarrojo en primer plano. En el año 2000, con 30 planetas confirmados y cuando ya era evidente el potencial de técnicas como la búsqueda por velocidad radial, apareció como misión prioritaria en el Astro Decadal un telescopio segmentado que sirviera tanto para investigar galaxias lejanas como las propiedades de los exoplanetas. La rápida evolución del campo influyó significativamente la adaptación del diseño del telescopio y sus instrumentos, incluyendo, por ejemplo, los coronógrafos, fundamentales para la observación directa de exoplanetas.

El diseño final con cuatro instrumentos con múltiples modos, abarcando desde el infrarrojo cercano hasta el medio, resultó en un observatorio extremadamente complejo con grandes capacidades para todos los campos de la astrofísica.

## **EXOPLANETAS EN IMAGEN DIRECTA**

Uno de los modos de observación más importantes del JWST en el estudio de exoplanetas, es su capacidad de obtener imagen directa de planetas gigantes, hasta un límite nunca antes alcanzado de un millón de veces por debajo del brillo de la estrella central. Aunque otros telescopios en tierra (como Keck o VLT) han logrado alcanzar sensibilidades que permiten observar directamente planetas de la masa de Júpiter, JWST permite por primera vez acceder a rangos de masas mucho menores.

NIRCam y MIRI son los dos instrumentos en los que se encuentran instalados distintos coronógrafos (Girard et al. 2024). En los programas de ciencia temprana (o ERS por sus siglas en inglés), fueron estos dos instrumentos los encargados de obtener la primera imagen de un exoplaneta con JWST (Carter et al. 2023). En la Figura 2 se puede ver la imagen en visible como referencia, y las cuatro observaciones con JWST (dos de NIRCam y dos de MIRI) del exoplaneta HIP 65246 b, elegido para probar las capacidades

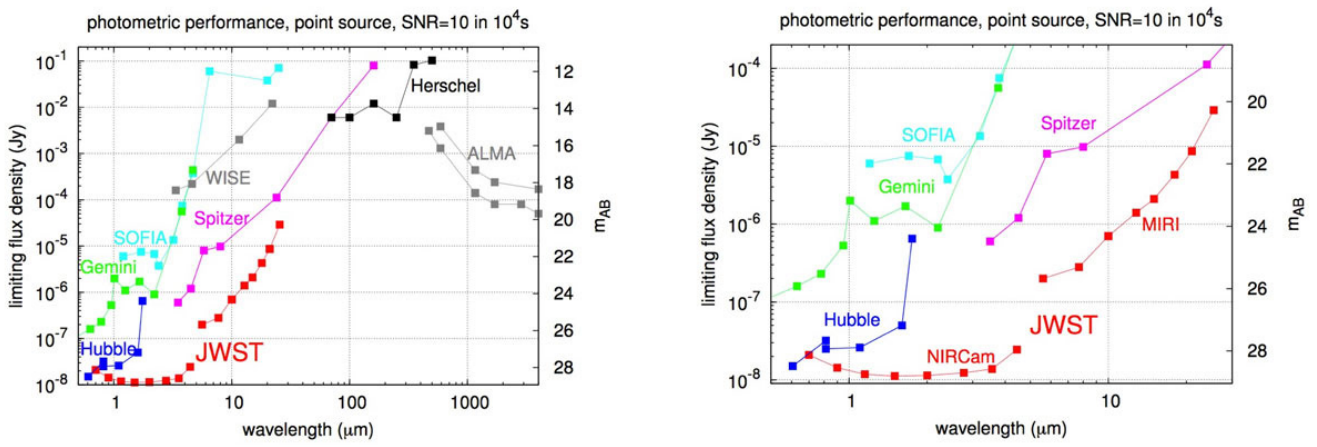
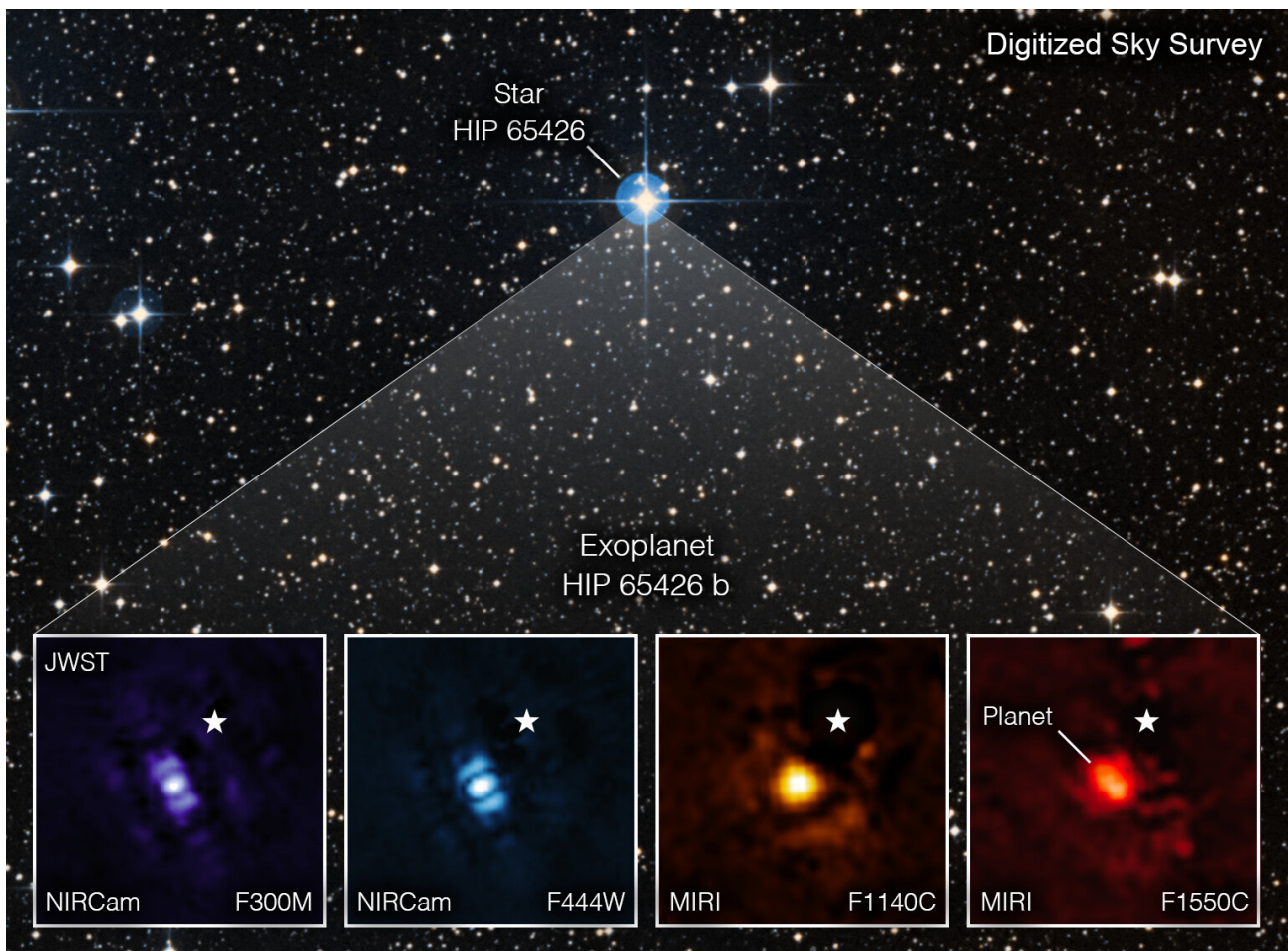


Figura 1. Ejemplo de las capacidades fotométricas de JWST frente a otros telescopios espaciales y en tierra.

Figura 2. Primera imagen de un exoplaneta con JWST. NASA/ESA/CSA, A Carter (UCSC), the ERS 1386 team, and A. Pagan (STScI).



del telescopio por su interés científico y su contraste esperado, en línea con las expectativas. Fueron estas observaciones iniciales las que demostraron que el contraste que se podía alcanzar tanto con NIRCam como con MIRI excedía los requerimientos iniciales, y que potencialmente podríamos acceder a masas por debajo de la masa de Saturno en las condiciones adecuadas (edad del sistema, distancia a la estrella, etc.). Poco después de las primeras observaciones con JWST, Lagrange et al. 2025 detectaron por primera vez un planeta en torno al sistema TWA 7, TWA 7 b, con una masa estimada en un tercio de la masa de Júpiter, lo que lo hace el planeta más pequeño observado de forma directa.

### **ROMPIENDO LA BARRERA DE LA EDAD: EL EXOPLANETA FOTOGRAFIADO MÁS VIEJO**

Una de las principales características de los exoplanetas (y de los planetas del sistema solar), es que no producen energía en su interior. Esto implica que su brillo procede principalmente de la energía térmica adquirida en el proceso de formación, con lo cual el brillo de los exoplanetas decae significativamente con su edad. El momento indicado para observar exoplanetas con imagen directa se da aproximadamente al alcanzar su estrella la secuencia principal, donde esta es estable y los modelos fotosféricos pueden predecir de forma fiable su radiación. Más allá de este momento (a partir de unos  $\sim 10^2$  Myr) el brillo de los planetas decae rápidamente y solo se pueden detectar de forma indirecta (por ejemplo, mediante velocidades radiales o tránsitos).

Otro de los hitos del JWST fue la observación directa del exoplaneta más viejo (y por tanto más frío) hasta la fecha: Eps Ind A b (Matthews et al., 2024). Este intrigante objeto había sido inferido a partir de estudios de velocidad radial y astrometría, pero no había sido detectado de forma concluyente hasta que se observó con el modo coronográfico del instrumento MIRI. El planeta, de unas  $6 M_{\text{Jup}}$ , tendrá una edad de unos 3.5 Gyr, superando con creces al resto de exoplanetas observados de forma directa, los cuales tienen una edad menor a 500 Myr (casi todos ellos por debajo de 100 Myr). Poder observar este tipo de objetos es fundamental para entender la evolución de los sistemas planetarios, y entender mejor la formación de los planetas.

### **LOS ESPECTRÓGRAFOS A BORDO DEL JWST**

Todos los instrumentos a bordo del JWST tienen al menos un modo espectroscópico. Entre las opciones más atractivas para observar las atmósferas de los exoplanetas, se encuentran los modos de series temporales, disponibles en todos los instrumentos (por ejemplo, el modo de espectroscopía sin rendija de objetos individuales de NIRISS, o el grisma instalado en NIRCam). Estos modos permiten observar tránsitos planetarios, y son óptimos para investigar las atmósferas de planetas con periodos cortos. Durante el tránsito, y conociendo el espectro de la estrella, es posible eliminar la contribución estelar y obtener el espectro de la atmósfera del planeta (Figura 3).

Uno de los primeros resultados en la investigación de atmósferas exoplanetarias, fue la detección de bandas de agua y otras moléculas en el planeta WASP 39 b (Rustamkulov et al. 2023, Figura 4).

Mientras las series temporales permiten caracterizar los espectros de planetas de periodos cortos, los modos con imagen directa, como los espectrógrafos de campo integral de NIRSpec y MIRI permiten investigar los espectros de planetas con periodos largos, o lo que es lo mismo, a grandes distancias de sus estrellas. Aunque este método es más habitual para enanas marrones, se ha utilizado también para observar conocidos planetas gigantes como, por ejemplo, Beta Pic b (Worthen et al. 2024, Figura 5).

### **LAS ATMÓSFERAS DE LOS PLANETAS TERRESTRES**

Uno de los grandes objetivos de esta década en el campo de los exoplanetas es la caracterización atmosférica de planetas tipo terrestre, que nos acerquen un poco más a la detección de condiciones habitables. Tanto en el tiempo garantizado, como en las observaciones generales, múltiples programas se centraron en obtener espectros detallados utilizando la técnica de transmisión espectroscópica. Esta técnica, muy efectiva en planetas gigantes, requiere de una señal a ruido muy alta, y por tanto representa un desafío técnico en planetas pequeños, con una atmósfera mucho menor, tanto en densidad como en radio<sup>1</sup>. Como resultado, no se ha detectado de manera robusta ninguna atmósfera en torno a planetas rocosos.

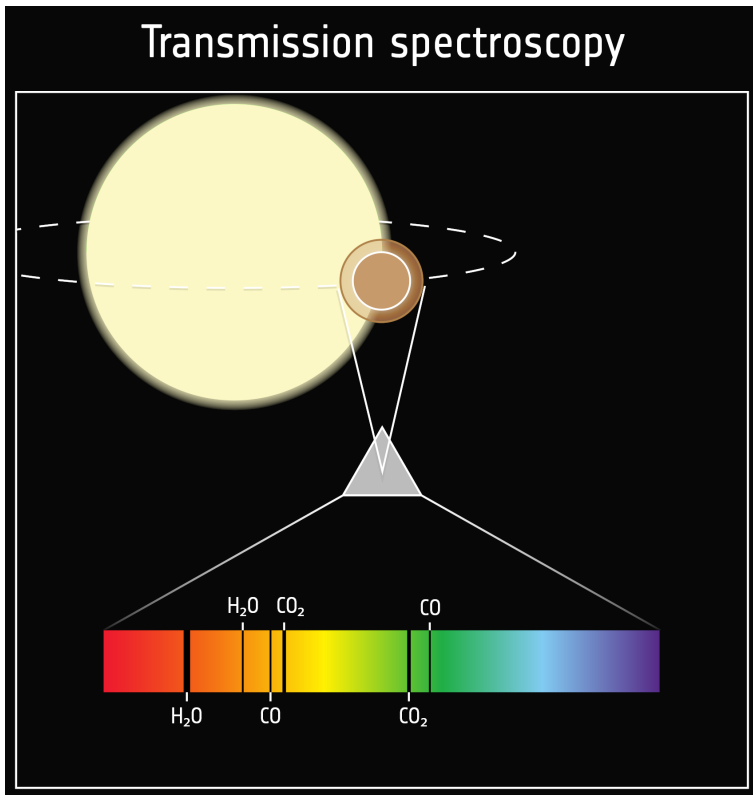


Figura 3. Esquema de transmisión espectroscópica. ESA.

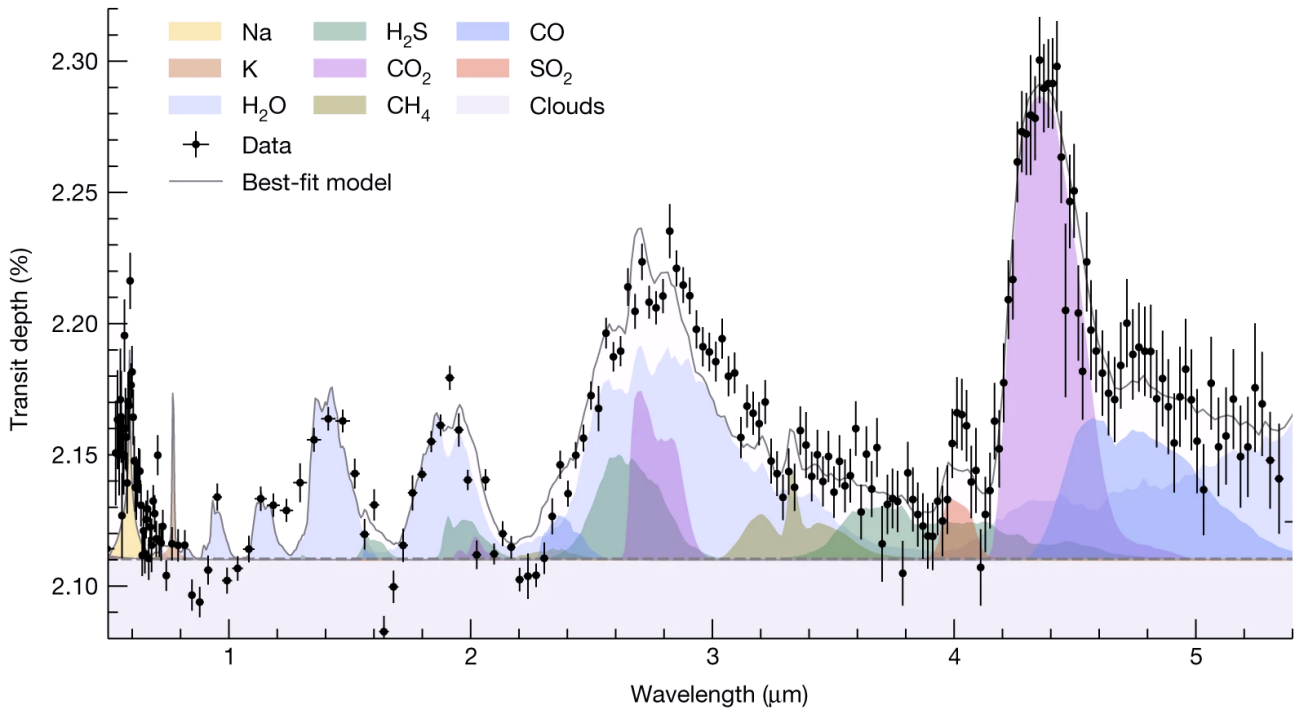


Figura 4. Espectro de transmisión del planeta WASP 39 b. En negro el espectro, en colores las distintas contribuciones según el modelo de atmósfera. Rustamkulov et al. 2023, Nature 614, pages 659–663.

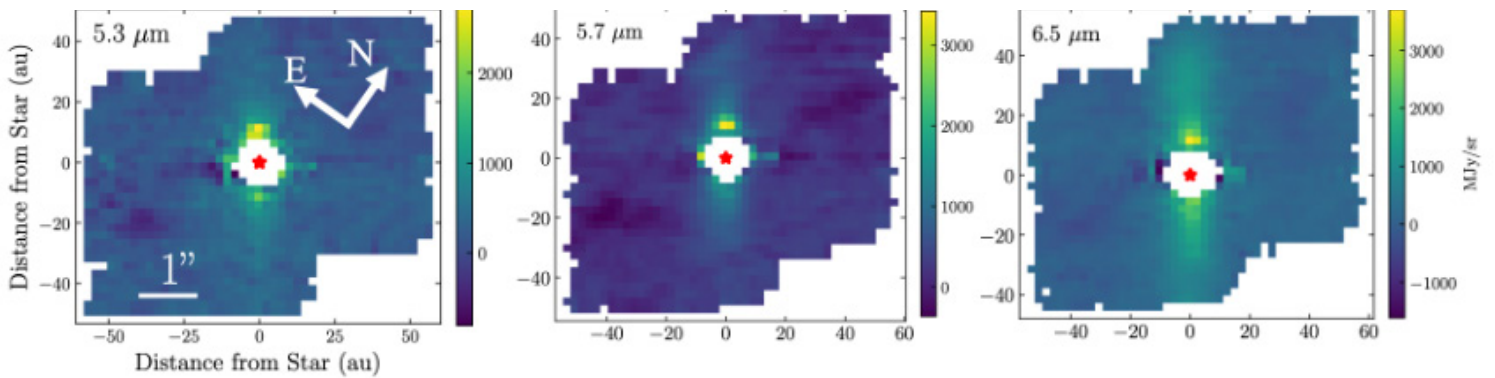
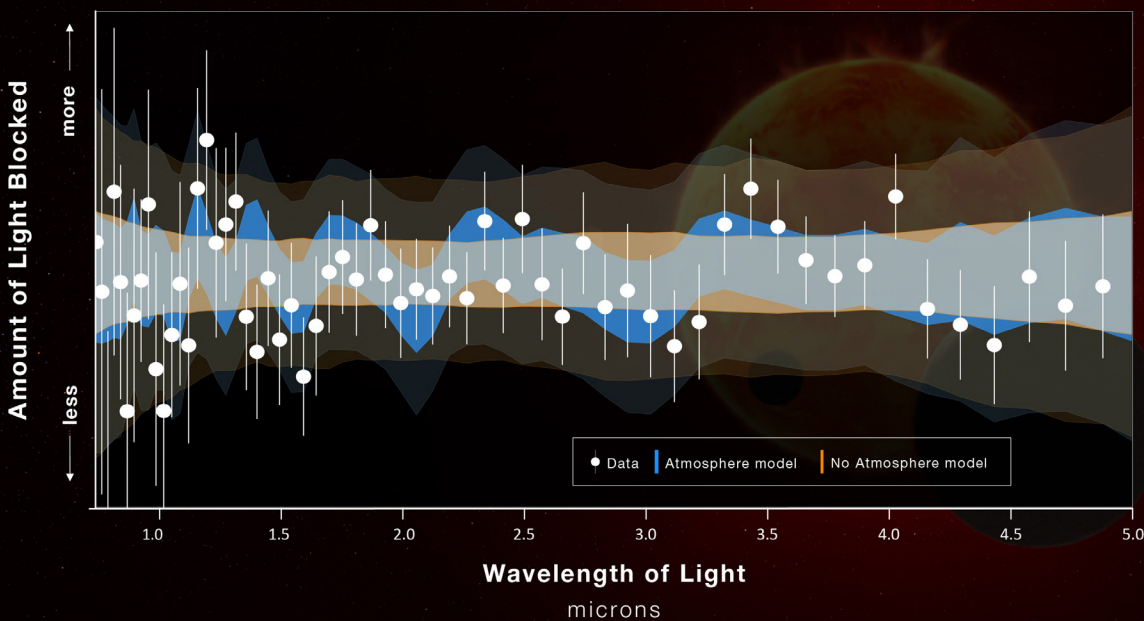


Figura 5. Observación con MIRI MRS del planeta Beta Pic b. Las imágenes muestran las distintas longitudes de onda en las que se extrajeron los datos en la esquina superior izquierda. Worthen et al. 2024 ApJ 964 168W.

Figura 6. Espectro de transmisión del planeta Trappist 1 e. En blanco los datos obtenidos con NIRSpec en su modo de baja resolución espectroscópica. En azul y naranja, los modelos con atmósfera y sin atmósfera. NASA, ESA, CSA, STScI, J. Olmsted (STScI).

## EXOPLANET TRAPPIST-1 e TRANSMISSION SPECTRUM

NIRSpec | PRISM Low-Resolution Spectroscopy



**WEBB**  
SPACE TELESCOPE

Uno de estos casos, muy debatidos en el campo de los exoplanetas, son los resultados de las observaciones del planeta Trappist 1 e (Espinoza et al. 2025, Figura 6). Aunque se obtuvieron datos de calidad en el modo de baja resolución espectroscópica de NIRSpec, la señal a ruido del espectro no permite distinguir entre los modelos con y sin atmósfera para el planeta, llevando a un resultado no conclusivo.

### **ROCKY WORLDS: JWST Y HST UNEN FUERZAS**

Para intentar paliar esta falta de detección de atmósferas en planetas terrestres, el programa Rocky Worlds dispondrá de unas 500 horas de tiempo discrecional del director del Space Telescope Science Institute para observar exoplanetas que orbitan enanas M. El programa se centrará en observar los eclipses secundarios (la ocultación del planeta por parte de la estrella) a  $15 \mu\text{m}$  utilizando el instrumento MIRI en JWST, y las estrellas centrales en ultravioleta con el telescopio espacial Hubble.

La combinación de HST y JWST permitirá caracterizar el flujo ultravioleta de las estrellas, que podría explicar la falta de atmósferas, y además entender la energía en la superficie del planeta, indicando la presencia o no de mecanismos de redistribución térmica, como pueden ser vientos o nubes. Aunque este programa no podrá caracterizar las atmósferas, si proporcionará datos muy valiosos para entender la prevalencia de atmósferas en planetas rocosos, y cómo influye la radiación estelar en este proceso.

### **BUSCANDO NUEVOS MUNDOS: JWST COMO HERRAMIENTA DE DETECCIÓN**

Aunque el tiempo de JWST es preciado (como muestra cada año el creciente número de propuestas<sup>2</sup>), su papel como uno de los mejores observatorios para observar planetas de forma directa lo hace un telescopio excelente para la búsqueda de planetas gigantes con largos períodos. Actualmente varios programas (e.g. GO 4050, GO 5835, Survey 6005) están llevando a cabo búsquedas de exoplanetas, dirigidas fundamentalmente a estrellas jóvenes, en los que los planetas todavía tengan una radiación térmica significativa; pero también a estrellas con masas bajas. Ambas características están enfocadas a maximizar el contraste planeta/estrella, fundamental para asegurar la detección. Sin embargo, por ahora no hay ningún planeta nuevo reportado a través de programas de búsqueda generales.

Mientras tanto, el campo de los exoplanetas sigue siendo uno de los más presentes en los programas de JWST. En los próximos años, se espera que el número de planetas observados en imagen directa aumente considerablemente, especialmente gracias a las sinergias con otras misiones, como por ejemplo el DR4 de Gaia a finales de este año, o la mejora de instrumentos en tierra como exoGravity. En cuanto a las observaciones espectroscópicas, JWST sigue revelando la composición de mundos gaseosos, pero parece que habrá que esperar a telescopios más optimizados, como Ariel, para la observación de atmósferas en planetas rocosos.

### **NOTAS**

- 1 Cabe recordar, que la atmósfera de la Tierra representa aproximadamente el 1.5% de su radio total.
- 2 Resumen de los resultados de la última llamada a propuestas del JWST: [https://www.stsci.edu/files/live/sites/www/files/home/jwst/science-planning/user-committees/jwst-users-committee/\\_documents/jwst-cycle5-peer-review-results.pdf](https://www.stsci.edu/files/live/sites/www/files/home/jwst/science-planning/user-committees/jwst-users-committee/_documents/jwst-cycle5-peer-review-results.pdf)

# 50 AÑOS ESCUCHANDO EL UNIVERSO

El 1 de noviembre de 1979 el radiotelescopio de 14 m del Observatorio de Yebes, el primero de su clase instalado en España, obtuvo su primera señal radio a 3,4 mm de longitud de onda al realizar un barrido de la Luna en acimut y elevación. Este éxito se produjo apenas cuatro años después de la creación del Observatorio, demostrando la capacidad técnica, la tenacidad y el entusiasmo del pequeño grupo de astrónomos, ingenieros y técnicos que lo puso en marcha. Este hito marcó el inicio de la trayectoria científica y tecnológica del centro, actualmente una institución de reconocido prestigio internacional en ambas áreas.



**Pablo de Vicente**  
*p.devicente@oan.es*  
Observatorio Yebes - IGN

El Observatorio de Yebes es hoy una de las 29 Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) españolas, formando parte de la Red de Infraestructuras de Astronomía (RIA) junto al Gran Telescopio Canarias (GTC), los observatorios de Canarias (IAC), Javalambre, Calar Alto y el radiotelescopio de 30 m del IRAM en Granada. Es, además, una Estación Geodésica Fundamental dentro del Global Geodetic Observing System (GGOS) y un Centro de Desarrollos Tecnológicos en Radioastronomía reconocido por el International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS).

El Observatorio de Yebes y el Observatorio Astronómico Nacional pertenecen a la Subdirección General de Astronomía y Geodesia del Instituto Geográfico Nacional, una dirección general del Ministerio de Transportes y Movilidad Urbana.

## LOS INICIOS

El Observatorio de Yebes surgió por la necesidad de alejar los instrumentos del Real Observatorio de Madrid de la capital. Los astrónomos perseguían este objetivo desde 1923, ante el creciente deterioro de la calidad del cielo y las condiciones observacionales de la ciudad. En la década de 1970 surgió una oportunidad que contó con el firme apoyo del director general del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Rodolfo Núñez de las Cuevas, y del entonces director del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), Manuel López Arroyo. Este último, natural de Guadalajara y conocedor de la Alcarria desde su infancia, propuso el Cerro de la Palera en Yebes como la ubicación ideal: su proximidad a Madrid permitía una logística ágil, pero su aislamiento garantizaba cielos oscuros. Además, la cesión gratuita de los terrenos por parte del ayuntamiento de Yebes facilitó la viabilidad del proyecto.

En la planificación inicial se encargaron un telescopio solar de 15 cm y un astrógrafo doble de 40 cm para el estudio de cuerpos menores; sin embargo, la decisión más audaz fue la adquisición de un radiotelescopio milimétrico. Dado que el OAN no contaba con experiencia previa en radioastronomía, se encomendó su puesta en marcha a un joven profesor de la Universidad Complutense de Madrid, Jesús Gómez González. Como primer director del Observatorio de Yebes, y más tarde del OAN, su liderazgo marcaría el rumbo de la institución durante décadas.

# DESDE EL OBSERVATORIO DE YEBES

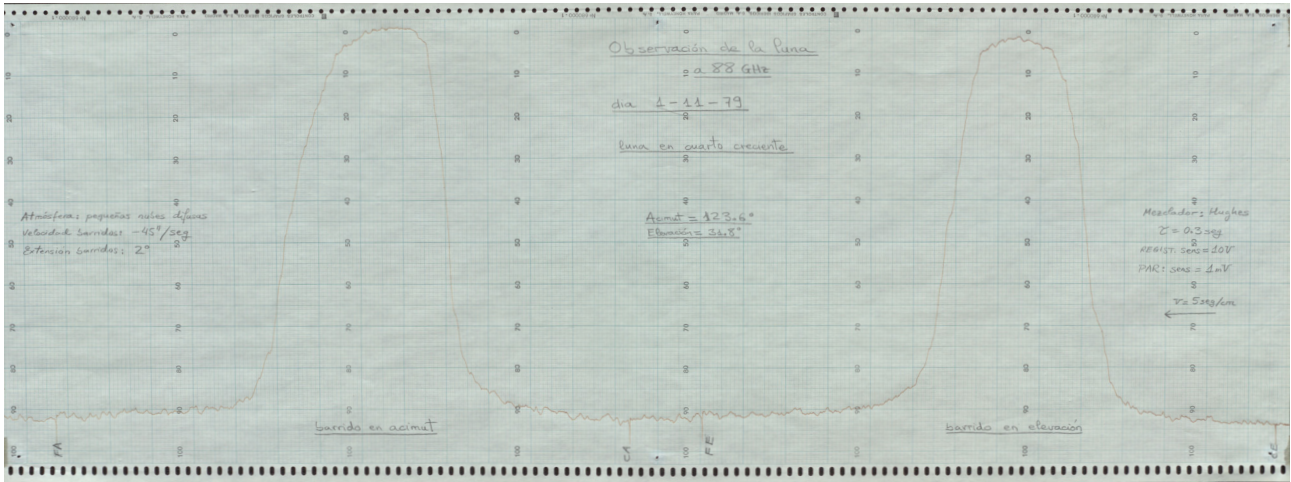


Figura 1. Barrido de la Luna a 88 GHz con el RT 14 m de diámetro en 1979. Crédito: Jesús Gómez y Alberto Barcia.

Figura 2. Fotografía aérea del Observatorio de Yebes en 1975 tomada por Paisajes Españoles.



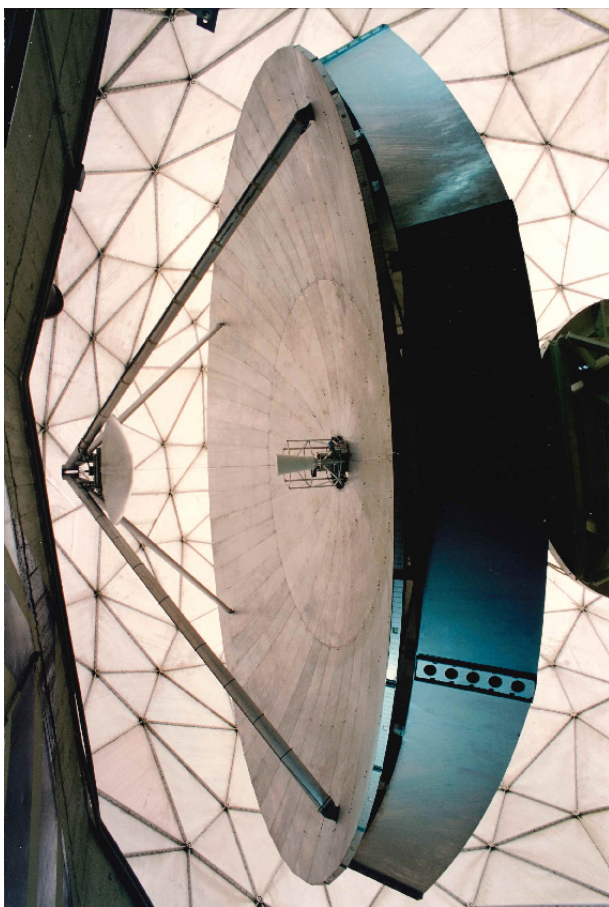


Figura 3. Radiotelescopio de 14 m.

El 11 de diciembre de 1975, el ministro del Plan de Desarrollo visitó las obras del centro. Aquella visita de alto rango se considera el acto fundacional del Observatorio, pese a que los instrumentos aún no estaban operativos. Esta fecha es la referencia para la conmemoración, entre octubre de 2025 y agosto de 2026, de los 50 años de existencia del Observatorio de Yebes.

Durante aquellos primeros años, Jesús Gómez impulsó una ambiciosa política de formación, reclutando a estudiantes brillantes de universidades españolas y enviándolos a centros de referencia en el extranjero. Esta estrategia permitió crear un núcleo de astrónomos e ingenieros de prestigio internacional cuyas colaboraciones con otros institutos potenciaron definitivamente el perfil científico y tecnológico de Yebes.

### EL RADIOTELESCOPIO DE 14 M DE DIÁMETRO

Tras las primeras observaciones exitosas a 88 GHz, el objetivo prioritario fue el diseño y construcción de un receptor que operase a 43 GHz, frecuencia más acorde con la precisión de la superficie de la antena. El primer receptor para esta banda, que funcionaba a temperatura ambiente, fue fruto de la colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y el Observatorio de Meudon, instalándose en 1984.

Los primeros resultados científicos, publicados en 1985 (Gómez et al.), presentaron observaciones espectroscópicas de máseres de monóxido de silicio (SiO) en estrellas evolucionadas. Este trabajo fue el primero de una prolífica serie de publicaciones sobre la monitorización de máseres moleculares y sus isótopos, consolidando una línea de investigación en estrellas de la rama asintótica de las gigantes (AGB) y nebulosas planetarias que perdura hasta hoy.

En 1988 se instaló un segundo receptor de 43 GHz, esta vez diseñado y construido íntegramente en el Observatorio de Yebes (con excepción del alimentador de la UPM). Se trataba de un receptor criogénico con una banda de recepción instantánea de 50 MHz, sintonizable entre 41 y 49 GHz, que aumentó drásticamente la sensibilidad del instrumento. Gracias a él, se pudo cartografiar el Centro Galáctico en la línea térmica de SiO, revelando estructuras que trazaban choques y fenómenos de alta energía.

Un hito fundamental llegó en 1990, cuando el radiotelescopio de 14 m participó en su primera observación de Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI) junto a los telescopios de Effelsberg (Alemania) y Onsala (Suecia). El éxito fue rotundo: se detectó emisión máser de SiO en líneas de base de miles de kilómetros, demostrando la existencia de regiones de emisión extremadamente compactas, algo que se cuestionaba en la época. Este logro no solo fue científico, sino también tecnológico, pues el VLBI milimétrico exigía una estabilidad de fase extrema, una sincronización ultraprecisa mediante relojes atómicos y sistemas de registro de datos a gran velocidad sobre soportes magnéticos de alta densidad. Tras este éxito, el observatorio amplió sus horizontes hacia la astrogeodesia. Se construyó un receptor criogénico en bandas S (2,3 GHz) y X (8,4 GHz) y se adaptó estructuralmente la antena para estas frecuencias.

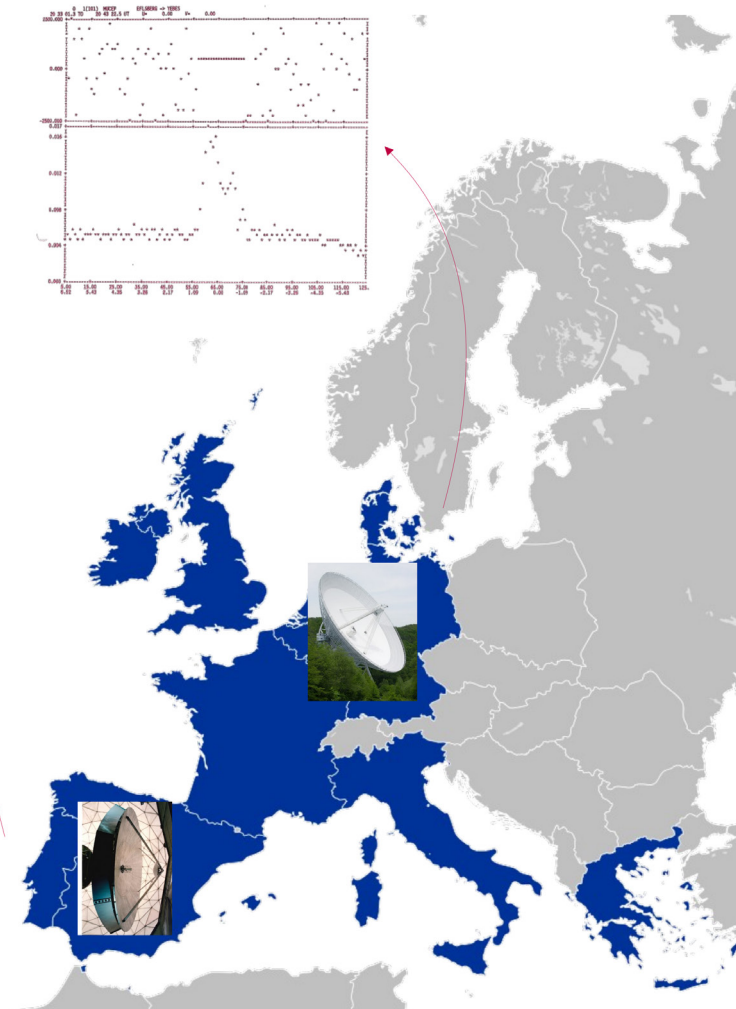


Figura 4. Resultados de SiO con VLBI en 1990 entre el RT de 14m de Yebes y el RT de 100 m de Effelsberg.

En 1995 se realizaron las primeras mediciones de distancias intercontinentales con precisión centimétrica, integrando formalmente a Yebes en lo que posteriormente sería el Servicio Internacional de VLBI (IVS). Estas observaciones pioneras contribuyeron al proyecto estadounidense Crustal Dynamics Data Information Service (CDDIS), permitiendo medir de forma directa el desplazamiento de las placas tectónicas.

### EL RADIOTELESCOPIO DE 40 M

Ante el inevitable envejecimiento del instrumento de 14 m, a finales de la década de 1990 se proyectó la construcción de un gran radiotelescopio de 40 m de diámetro. El objetivo era doble: potenciar la participación en las redes de VLBI y profundizar en los estudios de espectroscopía molecular con una sensibilidad drásticamente superior. Aunque la construcción se prolongó varios años para ajustarse a las disponibilidades presupuestarias, este tiempo fue aprove-

chado para desarrollar íntegramente el sistema de control y diseñar un receptor criogénico de vanguardia en 22 GHz con 4 GHz de ancho de banda.

En junio de 2007, el radiotelescopio obtuvo su «primera luz» reeditando el hito de su predecesor: un barrido sobre la superficie lunar. Semanas antes, la precisión del sistema de control se había validado de forma ingeniosa mediante un telescopio óptico montado en la parte posterior del subreflector, observando Júpiter y sus satélites galileanos.

La integración en la Red Europea de VLBI (EVN) fue inmediata, obteniéndose las primeras franjas interferométricas en junio de 2008. Con la posterior instalación de receptores en banda C (5 GHz) y las bandas geodésicas S/X (2,3 y 8,4 GHz), el RT 40 m se erigió en uno de los pilares de la EVN gracias a su excelente relación entre tamaño y temperatura de ruido.

Además, la conexión a RedIRIS (la red científica de comunicaciones española) permitió al centro liderar el ámbito del e-VLBI, transmitiendo datos en tiempo real a los correladores internacionales. Esta capacidad de transferencia ha evolucionado de forma exponencial, pasando de 64 Kb/s a principios de 2000, 1 Gb/s con el comienzo del e-VLBI en 2008 hasta los actuales 100 Gb/s alcanzados en 2024.

En paralelo, el telescopio ha mantenido una intensa actividad como antena única para espectroscopía molecular. En 2018, tras actualizar los receptores de 22 y 43 GHz y añadir uno de 86 GHz (heredado del IRAM), el instrumento se abrió a la comunidad científica internacional mediante convocatorias públicas. En ese momento, Yebes ya operaba con seis receptores, casi todos de factura propia.

Sin embargo, la gran revolución llegó en 2021 con el proyecto Nanocosmos, liderado por José Cernicharo, profesor de investigación del CSIC y antiguo astrónomo del OAN. La instalación de nuevos receptores en las bandas Q (43 GHz) y W (86 GHz), financiados por el European Research Council (ERC) y diseñados y construidos por los ingenieros

y técnicos del centro, situó a Yebes en la cúspide de la radioastronomía mundial. Estos sistemas, con un ancho de banda instantáneo de 18 GHz, son los más sensibles de su clase y han permitido los extraordinarios hallazgos en astroquímica que se detallan más adelante.

Hoy en día, el RT 40 m es el activo principal que otorga al Observatorio de Yebes su estatus de Infraestructura Científico-Técnica Singular (ICTS).

### **ALGUNOS RESULTADOS CIENTÍFICOS RESEÑABLES**

El radiotelescopio de 40 m ha producido resultados de gran impacto internacional. Operando como antena única, y gracias al extraordinario ancho de banda instantáneo de sus receptores a 43 y 86 GHz, el instrumento se ha posicionado como el líder mundial en astroquímica. De hecho, es el radiotelescopio que más moléculas interestelares ha descubierto hasta la fecha: 104 de las 344 conocidas, lo que supone un 30% del total detectado hasta abril de 2026. Este hito es extraordinario, considerando que todas estas especies se han identificado en los últimos cinco años, en contraste con un historial de descubrimientos que comenzó en la década de 1960 (ver Figura 5).

Figura 5. Radiotelescopio de 40 m en el Observatorio de Yebes.



### Evolución del Descubrimiento de Moléculas por Radiotelescopio (10 primeros telescopios)

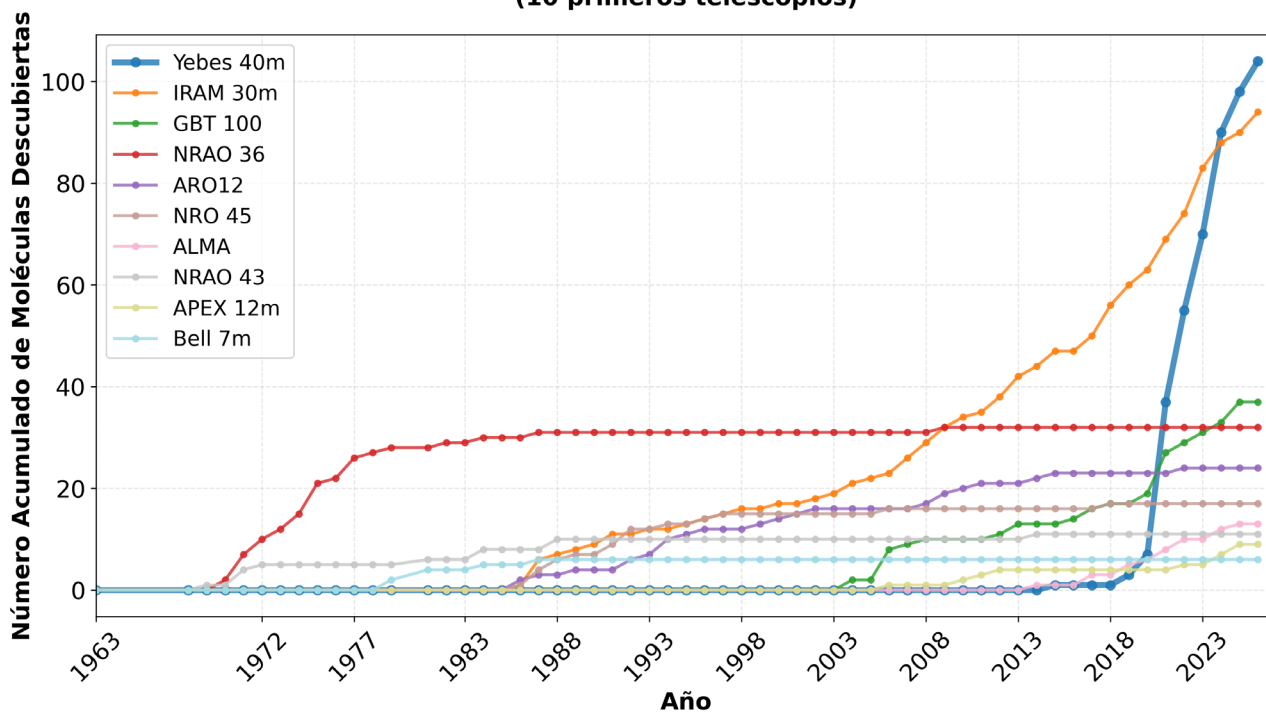


Figura 6. Número acumulado de moléculas descubiertas por los 10 telescopios con mayores aportaciones a lo largo del tiempo.

Los receptores ultra-sensibles de Yebes en las bandas Q y W han permitido revolucionar la disciplina, identificando decenas de nuevas especies en la nube fría TMC-1. Entre estos hallazgos destaca una familia de hidrocarburos cíclicos puros, moléculas cuya formación se creía imposible en condiciones de tan baja temperatura. Este camino se inició con anillos simples como el ciclopentadieno ( $C_5H_6$ ) y el indeno ( $C_9H_8$ ), y ha culminado recientemente con el hallazgo del 1H-ciclopent[cd]indeno ( $C_{11}H_8$ ). Con tres anillos fusionados, es actualmente el hidrocarburo policíclico aromático (PAH) más grande y complejo detectado mediante radioastronomía, un resultado que obliga a replantear los modelos de formación de carbono en el Universo.

Asimismo, investigadores del Centro de Astrobiología (CAB) han liderado el descubrimiento de la etanolamina (Rivilla et al. 2021), una molécula que constituye la cabeza fosfolipídica más simple. Su detección en el centro galáctico demuestra la presencia

de material prebiótico que pudo incorporarse a los planetas durante su formación. Otro hallazgo reciente de gran calado ha sido el sulfuro de dimetilo en dirección al centro galáctico; su origen abiótico en este entorno resuelve una polémica sobre su validez como biomarcador unívoco en exoplanetas.

Más allá de la química, el RT 40 m ha sido clave en la caracterización del medio interestelar, desde el estudio de gas chocado en restos de supernova hasta la detección de moléculas metálicas en la estrella evolucionada IRC+10216.

En el ámbito de la Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI), el telescopio es un pilar de la red global milimétrica (GMVA). Destaca su contribución a la imagen del agujero negro M87\* a 86 GHz (Lu et al. 2023), la primera en mostrar simultáneamente el disco de acreción y el chorro relativista (Figura 6). Asimismo, Yebes participó en la observación histórica de la emisión electromagnética posterior a la fusión

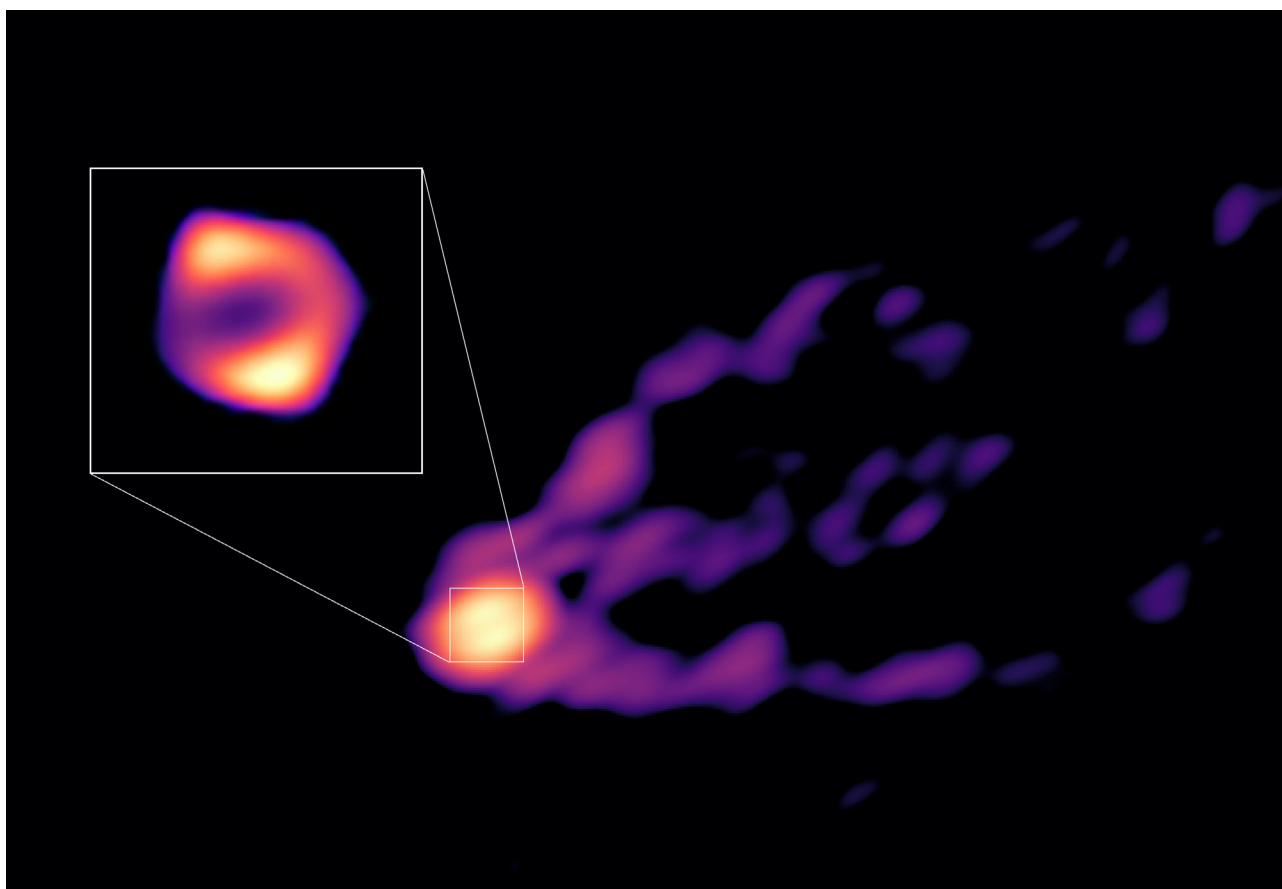


Figura 7. Imagen del entorno del agujero negro M87\* donde se aprecia un anillo en torno a él y chorros relativistas. Crédito: Lu et al. 2023.

de dos estrellas de neutrones (GW170817) con la red EVN (Ghirlanda et al. 2019) y ha colaborado con la misión espacial Radioastron para obtener imágenes de resolución angular sin precedentes.

Finalmente, el telescopio desarrolla actividades más «heterodoxas» pero estratégicas, como el seguimiento Doppler de sondas espaciales para estudiar el viento solar o su participación fundamental en la definición del tercer Marco de Referencia Celeste Internacional (ICRF3) en las bandas S/X.

### **CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS**

El Observatorio de Yebes no solo observa el universo; diseña y construye los ojos con los que lo mira. Desde la década de 1980, el centro ha mantenido una política estratégica de personal que combina a astrónomos, ingenieros y técnicos, dotándolos de laboratorios de

vanguardia para la instrumentación de radiofrecuencia. El centro es hoy líder mundial en la fabricación de amplificadores criogénicos de bajo ruido (LNAs). Esta trayectoria comenzó tras la estancia del actual responsable del grupo en el National Radio Astronomy Observatory (NRAO) de EE. UU. El gran salto internacional se produjo con la misión Herschel de la ESA, para la cual Yebes desarrolló los LNAs del instrumento HIFI. Este hito exigió amplificadores con cualificación espacial, un ruido mínimo y una disipación de energía bajísima. El éxito fue tal que la tecnología se transfirió a la industria española y sirvió de base para los receptores de ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array). Yebes se consolidó fabricando los amplificadores de tres de sus bandas de observación; dada la magnitud del proyecto (64 antenas), la producción se delegó en una empresa nacional, marcando el inicio de una transferencia tecnológica que aún perdura.

Actualmente, estos amplificadores alcanzan una frecuencia máxima de 116 GHz, su ancho de banda llega a 16 GHz, la temperatura de ruido es mínima, disponen de prestaciones adicionales y se exportan a todo el mundo, no solo para radioastronomía, sino para sectores emergentes como la computación cuántica, donde el control del ruido térmico es crítico.

Sin embargo, la capacidad tecnológica de Yebes va mucho más allá de los LNAs. El centro destaca por:

- Componentes de microondas: Fabricación de híbridos criogénicos, filtros superconductores de alto rechazo y elementos ópticos de precisión como alimentadores y separadores de polarización (OMTs).
- Receptores completos: Se han construido sistemas criogénicos para instrumentos internacionales, incluyendo ocho receptores (2-14 GHz) para la red VGOS (VLBI Global Observing System) y tres receptores tribanda en 2, 8 y 30 GHz.
- Infraestructura de ensayo: El observatorio cuenta con cámaras anecoicas y laboratorios de criogenia que permiten caracterizar componentes en condiciones extremas de vacío y temperatura.
- Medidas holográficas de superficies de las antenas para su ajuste mejorando la eficiencia de su superficie.
- Software y procesado: Exportación de sistemas de control de telescopios y desarrollos punteros en programación de FPGAs para el procesado digital de señales (backends).

Para ello cuenta con laboratorios de electrónica, microondas, una sala limpia clase 10000, sistemas de medida de piezas de micras de precisión y talleres equipados con máquinas de fresado de 5 ejes y precisiones de unas pocas micras.

Esta excelencia técnica está respaldada por la colaboración con socios como el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), del que el IGN es miembro. Como reconocimiento a esta trayectoria, el International VLBI Service (IVS) otorgó a Yebes la calificación oficial de Centro de Desarrollos Tecnológicos, situándolo en la élite de la ingeniería radioastronómica mundial.

### ESTACIÓN GEODÉSICA FUNDAMENTAL

Más allá de su vertiente astronómica, el Observatorio de Yebes es una pieza clave en la geodesia espacial, la disciplina que estudia la forma, dimensiones y orientación de la Tierra en el espacio. Para ello, el centro integra las tres técnicas fundamentales de observación global: la Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI), el Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) y la Telemetría Láser a Satélites (SLR). La combinación de los datos de estas redes mundiales permite generar el Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF), el estándar de precisión sobre el que se basan todas las mediciones geográficas y de navegación del planeta. Este marco es fundamental para determinar las consecuencias del cambio climático en la superficie terrestre.

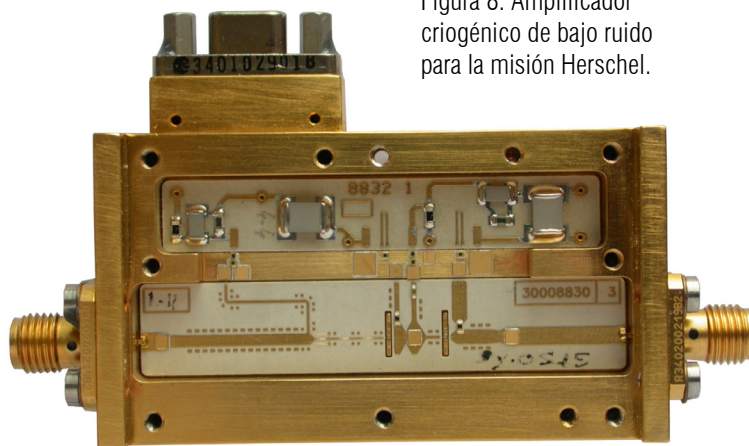


Figura 8. Amplificador criogénico de bajo ruido para la misión Herschel.

En el ámbito del VLBI geodésico, Yebes cuenta con un radiotelescopio de 13,2 m de última generación dentro del programa VGOS (VLBI Global Observing System). Este instrumento, integrado en la red hispano-lusa RAEGE (Red Atlántica de Estaciones Geospaciales), observa cuásares para determinar, con una precisión de 1 mm y una estabilidad de 1 mm/año, la posición relativa de las antenas y su velocidad de cambio. El VLBI es la única técnica capaz de determinar con rigor los parámetros de orientación de la Tierra y la duración exacta del día (dUT1). Aunque estas observaciones se realizaban inicialmente con los telescopios de 14 y 40 m, hoy es el radiotelescopio de 13,2 m el que se dedica en exclusiva a esta tarea. Yebes además aloja el centro de correlación de RAEGE y gestiona y coordina las observaciones de todas las estaciones (Yebes, Santa María en Azores y Temisas en Gran Canaria) y proporciona a todos sus telescopios la tecnología e instrumentación necesaria para su funcionamiento.

La segunda técnica, el GNSS, se apoya en dos receptores de alta precisión integrados en redes nacionales e internacionales desde hace más de 25 años. La tercera técnica disponible la proporciona la estación de Telemetría Láser a Satélites (SLR), operativa desde 2024. Este sistema utiliza láseres pulsados en el infrarrojo y en verde para medir con precisión milimétrica la distancia a satélites en órbitas bajas y medias (LEO y MEO) equipados con retrorreflectores. Con la puesta en marcha de este sistema y la coexistencia de las tres técnicas, el IVS otorgó formalmente al centro la categoría de Estación Geodésica Fundamental.

Para enlazar las tres técnicas el Observatorio dispone de un sistema de colocalización, compuesto por 28 pilares de hormigón que permite relacionar los centros de coordenadas de todos los instrumentos con una precisión mejor que 1 mm mediante estaciones totales ópticas. Además, el centro cuenta con un pabellón de gravimetría que aloja un

Figura 9. Estación de telemetría láser del Observatorio de Yebes emitiendo pulsos láser en verde.



gravímetro superconductor para medir variaciones del campo gravitatorio, junto a sismógrafos y equipos de intercomparación absoluta.

Las estaciones geodésicas fundamentales de las que solo hay una decena, forman parte de GGOS, el Sistema de Observación Geodésico Global perteneciente a la Unión Geodésica Internacional. GGOS tiene como objetivo medir, modelar e interpretar los procesos de la Tierra incluyendo cambios globales, deformaciones de la Tierra e intercambio de masas entre la geoesfera, la biosfera, la hidrosfera y la atmósfera.

Finalmente, el observatorio actúa como plataforma para experimentos adicionales de gran valor como el retrorreflector de calibración para el satélite español PAZ o los fotómetros de la red internacional TESS, destinados a monitorizar el brillo y la calidad del cielo nocturno.

## **CONCLUSIÓN**

Lo que comenzó hace medio siglo como un ambicioso proyecto para dotar a España de capacidades en radioastronomía, se ha convertido hoy en una infraestructura de vanguardia multidisciplinar. Todos los éxitos conseguidos hasta la fecha son fruto de una financiación sostenida y sobre todo de su personal que a lo largo de estos 50 años con su entusiasmo, tenacidad y capacidad ha logrado situar al Observatorio de Yebes como un centro de referencia y excelencia internacional. El Observatorio de Yebes ha demostrado que la apuesta por el desarrollo tecnológico propio y la formación de personal altamente especializado es la fórmula del éxito para alcanzar la excelencia científica.

«En el ámbito de la Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI), el telescopio es un pilar de la red global milimétrica (GMVA). Destaca su contribución a la imagen del agujero negro M87\* a 86 GHz, la primera en mostrar simultáneamente el anillo de emisión y el chorro relativista.»

# EL SKAO SE PONE EN MARCHA

El concepto original del Square Kilometre Array nació hace aproximadamente tres décadas, a principios de los años noventa. Surgió de la necesidad de desarrollar un radiointerferómetro de nueva generación capaz de detectar el hidrógeno neutro en la Época de la Reionización. Tras décadas de planificación científica, desarrollo tecnológico y coordinación internacional, el observatorio entró formalmente en fase de construcción en diciembre de 2022, cuando se celebraron las ceremonias inaugurales en los emplazamientos de Sudáfrica y Australia.



**Theresa Wiegert**  
*twiegert@iaa.es*

**Marcos Villaverde**  
*mva@iaa.es*

**Lourdes Verdes-Montenegro**  
*lourdes@iaa.es*

Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

El marco organizativo también evolucionó significativamente. En 2021, el SKAO se convirtió en una organización intergubernamental, tratándose de la segunda organización astronómica de este tipo después del Observatorio Europeo Austral (ESO). Durante los últimos años, el SKAO ha pasado de ser una iniciativa de planificación a largo plazo a convertirse en un observatorio en su fase de puesta en marcha. El despliegue de antenas sobre el terreno continúa, las primeras observaciones técnicas ya se están realizando y los hitos iniciales de la fase de puesta en marcha están demostrando el enorme potencial científico de la infraestructura.

El mes pasado, en abril de 2026, el disco de la undécima antena parabólica de SKA-Mid del Observatorio SKA (SKAO) fue montado sobre su pedestal. Estas operaciones, tal y como muestra la fotografía, son procesos complejos, siendo la de abril la cuarta realizada este año.

Actualmente hay 19 antenas de las 197 con las que contará SKA Mid, en distintas fases de ensamblaje, pruebas y puesta en marcha. En julio de 2025, SKA-Mid alcanzó uno de sus hitos más importantes cuando se detectó con éxito la línea de emisión de 21 cm del hidrógeno neutro con la primera antena que se ensambló. Esta línea espectral de HI es central para muchos de los objetivos científicos del SKAO, especialmente aquellos relacionados con la evolución de las galaxias y la historia cósmica del hidrógeno neutro.

Mientras tanto, en Australia, SKA-Low cuenta ya con 70 estaciones en proceso de verificación técnica y la verificación científica comenzará ya el próximo año. Las antenas dipolo, con forma de árbol, que componen las estaciones de SKA-Low son considerablemente más rápidas y sencillas de ensamblar que las antenas parabólicas de SKA-Mid, aunque también serán muchas más (131.072). SKA-Low lleva ventaja en el calendario de construcción: se espera que finalice - con posibilidades de expansión en el futuro - dos años antes que SKA-Mid, iniciándose así el Ciclo 0 de observación en 2030.

Paralelamente, la comunidad española, junto con la internacional, se está preparando para el inicio de las operaciones científicas, desarrollando simulaciones, preparando la infraestructura computacional que

analizará los datos, participando en los SKA Data Challenges o proponiendo casos científicos para el nuevo libro científico del SKAO.

### **PRIMEROS HITOS DE LA FASE DE PUESTA EN MARCHA**

En marzo de 2025, se realizaron observaciones de un área de aproximadamente 25 grados cuadrados con las cuatro primeras estaciones de SKA-Low. Incluso con esta fase tan temprana del radiointerferómetro, las observaciones detectaron claramente las galaxias más brillantes del campo, superando

las expectativas que se tenían para una fracción tan pequeña del conjunto final.

Actualmente, SKA-Low opera con cuatro estaciones verificadas, cada una compuesta por 256 antenas, constituyendo así la primera configuración operativa del telescopio. En marzo de 2026 se habían entregado aproximadamente 30.000 antenas - cerca de una cuarta parte del total previsto - correspondientes a 117 estaciones, de las cuales 69 ya estaban instaladas y pendientes de verificación.

Figura 1. Instalación de la undécima antena parabólica de SKA-Mid el pasado abril, con la presencia del Director General, el profesor Philip Diamond (a la derecha). Crédito: SKAO.



La construcción de SKA-Mid en Sudáfrica también progresa de manera constante. La primera antena de SKA-Mid fue ensamblada en julio de 2024 y el conjunto cuenta ya con 19 antenas en distintas fases de progreso, obteniéndose las primeras franjas interferométricas en enero de 2026. Las perspectivas científicas de SKA-Mid están basadas en los resultados que está proporcionando MeerKAT, el conjunto precursor ubicado en el mismo emplazamiento. MeerKAT es actualmente uno de los radiointerferómetros más sensibles en funcionamiento y sus 64 antenas pasarán a formar parte del núcleo central de SKA-Mid.

**OBJETIVOS CIENTÍFICOS**

El objetivo científico original del SKAO era el estudio del hidrógeno neutro a lo largo de la historia cósmica. La sensibilidad sin precedentes del observatorio permitirá rastrear el hidrógeno desde el universo cercano hasta la Época de Reionización, cuando las primeras estructuras luminosas ionizaron el medio intergaláctico primordial.

Más allá de ese objetivo original, el observatorio abordará una amplia variedad de cuestiones astrofísicas

fundamentales. Los grandes cartografiados en continuo y en línea espectral permitirán estudiar la evolución de las galaxias, la acreción de gas, los campos magnéticos y los procesos de formación estelar en distintos entornos cósmicos. Las observaciones cosmológicas ayudarán a restringir la naturaleza de la materia oscura y a investigar la evolución de la energía oscura.

El SKAO también se convertirá en una infraestructura clave para la astrofísica de fenómenos transitorios y en el dominio temporal, desempeñando un papel fundamental en la comprensión de las ráfagas rápidas de radio, los objetos compactos y los entornos de agujeros negros. Las observaciones de púlsares también contribuirán a los estudios de ondas gravitacionales de baja frecuencia.

Otros programas científicos incluyen el estudio de la formación planetaria, las atmósferas de exoplanetas o la búsqueda de señales de tecnología extraterrestre dentro de investigaciones relacionadas con SETI.

Estos objetivos se están materializando en el nuevo libro científico del SKAO, que actualmente se encuentra

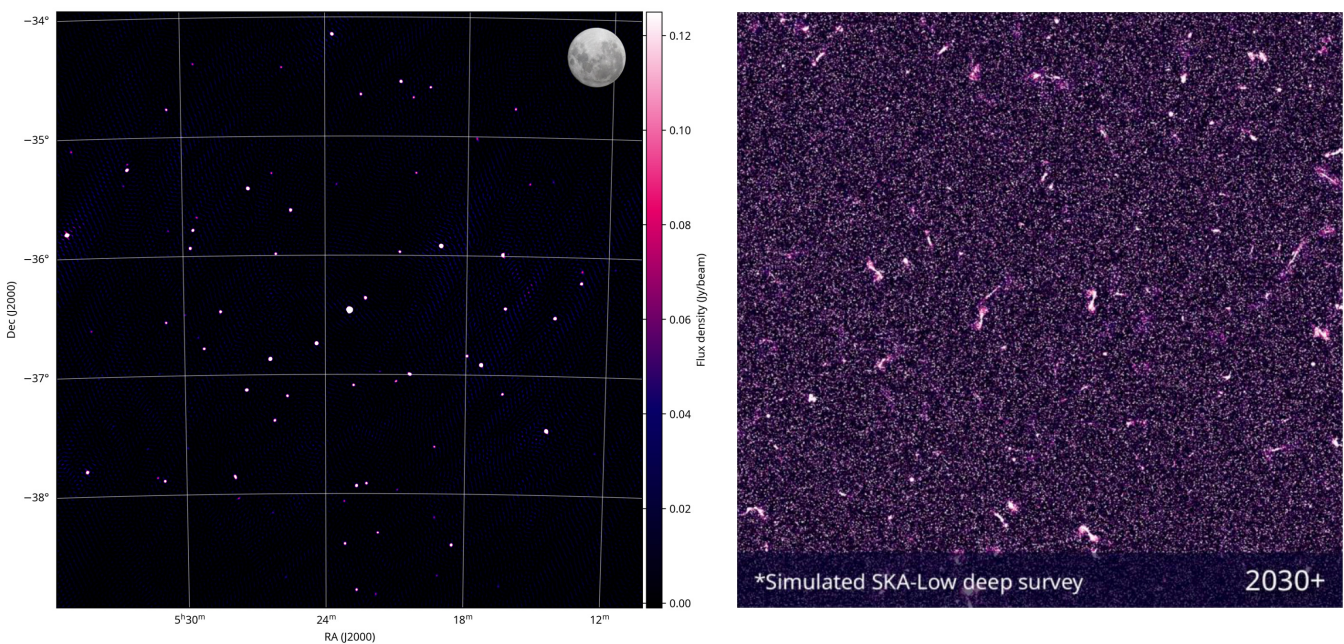


Figura 2. (Izquierda) observación de SKA-Low en marzo 2025 obtenida con 4 estaciones en la que se ven 85 galaxias en un campo de 25 grados cuadrados, se muestra el tamaño de la Luna llena a efectos comparativos. (Derecha) simulación de una imagen profunda de la misma región observada con la instalación final de SKA-Low, se espera detectar más de 600.000 galaxias en el mismo campo. Crédito: SKAO.



Figura 3. Las antenas dipolo SKA-Low se asemejan a árboles de Navidad metálicos, tanto en apariencia como en tamaño. En la imagen Lourdes Verdes-Montenegro, coordinadora de la participación española en SKA, construye una antena SKA-Low durante una visita al emplazamiento en noviembre de 2025. Crédito: L. Verdes-Montenegro.

en edición. Este libro es una actualización del libro de 2015, e incorpora nuevos temas científicos (algunos de los grupos de trabajo científicos aún no existían), detalles técnicos y herramientas que reflejan adecuadamente las capacidades de los telescopios.

### **UN NUEVO PARADIGMA PARA LA ASTRONOMÍA INTENSIVA EN DATOS**

Uno de los principales desafíos del SKAO es el volumen sin precedentes de datos que generará el observatorio. Las tasas de datos previstas son tan elevadas que no será posible almacenar todos los datos brutos, lo que obliga a adoptar un enfoque completamente nuevo para el procesamiento y acceso a los datos astronómicos.

Para afrontar este reto, el SKAO ha desarrollado un sistema distribuido de centros regionales de datos ubicados en los países miembros. En conjunto, estos centros forman SRCNet, una infraestructura globalmente conectada que proporciona almacenamiento, recursos computacionales, entornos de software y soporte a usuarios.

SRCNet se está convirtiendo en uno de los componentes científicos centrales del ecosistema SKAO. Su primera versión estable, SRCNet v0.1, entró en funcionamiento en 2025.

La iniciativa española de centro regional, espSRC, alojada en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-

CSIC), fue el primer centro del mundo en desplegar todos los servicios necesarios para participar en esta primera versión de SRCNet. Actualmente, la infraestructura está siendo probada utilizando datos de instalaciones ya existentes y simulaciones a gran escala, ayudando a preparar tanto los sistemas técnicos como a la comunidad científica para la era del SKAO.

España también se ha convertido en un actor relevante en los esfuerzos relacionados con ciencia abierta y reproducibilidad dentro del observatorio. Estos principios forman parte de los fundamentos del SKAO y actualmente se están implementando operativamente a través de SRCNet, donde el esp-SRC es un referente en prácticas de ciencia abierta y sostenibilidad.

Uno de los ejercicios que se están realizando en este contexto son los Desafíos de Datos de SKA, cuya tercera edición, dedicada al tema de la Época de la Reionización, se celebró en 2024/2025. En ella, equipos de los países miembros utilizaron las instalaciones informáticas de los centros de datos que se están desarrollando para gestionar los datos de SKA, con el fin de desarrollar una metodología reproducible, siguiendo los principios de la Ciencia Abierta, para el manejo de conjuntos de datos y tareas de SKA.

#### **ESPAÑA Y EL SKAO**

Los objetivos científicos del SKAO corresponden estrechamente con los intereses de la comunidad astronómica española. Por ello, España ha participado en el proyecto desde sus primeras etapas. Desde 2011, el IAA-CSIC, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, coordina la participación científica y tecnológica española en el proyecto SKA.

La participación española ha crecido considerablemente en los últimos años. En 2018, aproximadamente 25 investigadores e investigadoras de 10 instituciones españolas participaban en los SKA Science Working Groups. Actualmente, nuestra comunidad cuenta con 87 miembros procedentes de 24 instituciones en 13 de los 14 grupos científicos del SKAO.

Desde 2018, la comunidad española se articula en torno a RedSKA, una red nacional de colaboración

«La comunidad española se ha posicionado en los grupos científicos y en la SRCNet, así como con la industria en la fase de construcción. Este posicionamiento es clave para la explotación de un observatorio que se encuentra en plena fase de construcción y con la primera verificación científica a las puertas.»

creada para coordinar equipos interdisciplinarios involucrados en actividades relacionadas con el SKA. Desde la coordinación nacional del SKA, y en colaboración con esta red y otros miembros interesados de la comunidad, se está gestando la organización de reuniones temáticas especializadas de cara a la preparación para las primeras oportunidades científicas del SKAO. Estas reuniones comenzarán este mismo año y se extenderán en el futuro.

Este interés y compromiso creciente de nuestra comunidad contribuyó directamente a que España se incorporara al SKAO en 2023, siendo el noveno de los 13 estados que son actualmente miembros de dicha organización intergubernamental.

Además de la participación científica, España contribuye directamente a la construcción y operaciones del observatorio. Varias empresas españolas han obtenido contratos para componentes clave del SKAO, incluyendo la electrónica de control de la banda 1, los reflectores secundarios de las antenas de SKA-Mid o sistemas de sincronización para SKA-Mid y SKA-Low, así como un contrato competitivo para la construcción de una cámara de reverberación necesaria para estudiar el comportamiento de los componentes electrónicos.

## PERSPECTIVAS

Desde que en 2018 España entró en la SKA Organisation, entidad antecesora al observatorio, la comunidad española se ha posicionado en los grupos científicos y en la SRCNet, así como con la industria en la fase de construcción. Este posicionamiento es clave para la explotación de un observatorio que se encuentra en plena fase de construcción y con la primera verificación científica a las puertas. Se trata de una oportunidad que debemos aprovechar, ya que el SKAO no solo permitirá abordar algunas de las grandes preguntas sin respuesta de la astrofísica, sino también realizar descubrimientos sorprendentes gracias al nuevo espacio observacional que está abriendo.



Figura 4. Cuatro estaciones completas y otras en construcción a mediados de 2025. Actualmente (primavera de 2026), hay 19 estaciones listas y en fase de pruebas para su inclusión en la red. Crédito: SKAO.

Pasadas dos décadas de diseño y construcción, el Observatorio Vera C. Rubin ha comenzado su fase de operación. Situado en Cerro Pachón (Chile), el telescopio Simonyi y la cámara digital más grande jamás construida realizarán el Legacy Survey of Space and Time (LSST), un escaneado profundo del cielo austral cada tres noches de media durante diez años. El proyecto completó su construcción en octubre de 2025 y, desde febrero de 2026, distribuye las primeras alertas de objetos variables y transitorios. Este artículo repasa qué es Rubin, en qué punto se encuentra, qué ciencia hará posible, con la determinación de las propiedades de materia y energía oscuras como gran objetivo, y cuál es la contribución española a uno de los mayores proyectos astronómicos hasta la fecha.



Lluís Galbany

@lgalbany

Institut de Ciències de l'Espai (ICE-CSIC)  
Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC)

## UN TELESCOPIO PARA CONSTRUIR UNA PELÍCULA DEL UNIVERSO

El Observatorio Vera C. Rubin ([rubinobservatory.org](http://rubinobservatory.org)) es una instalación financiada conjuntamente por la National Science Foundation (NSF) y el Departamento de Energía (DOE) de Estados Unidos. Lleva el nombre de la astrónoma Vera C. Rubin (1928-2016), cuyas medidas de curvas de rotación en galaxias en la década de los setenta del siglo pasado proporcionaron una de las primeras evidencias sólidas de la existencia de la materia oscura. Que un observatorio dedicado, entre otras cosas, a desentrañar la naturaleza de la materia y la energía oscuras lleve su nombre es un merecido reconocimiento a su trayectoria.

La parte central del observatorio es el telescopio Simonyi Survey Telescope, de 8,4 metros de diámetro y un diseño óptico de tres espejos extraordinariamente compacto que le permite alcanzar un campo de visión de unos 9,6 grados cuadrados, unas cuarenta veces el área de la Luna. En su foco se encuentra la LSSTCam, la mayor cámara digital construida hasta la fecha, con 3.200 megapíxeles. Con ella, Rubin fotografiará todo el cielo austral cada tres noches de media durante los próximos diez años.

El proyecto principal responsable del escaneado es el Legacy Survey of Space and Time (LSST), una auténtica película del Universo que registrará desde asteroides cercanos hasta galaxias lejanas, incluyendo supernovas, estrellas variables y fenómenos aún por descubrir. El salto de escala con respecto a escaneados anteriores es evidente: cada noche se generarán del orden de 20 terabytes de datos, decenas de petabytes de imágenes al cabo de diez años, un catálogo de varias decenas de miles de millones de objetos y la posibilidad de generar millones de alertas por noche sobre todos los fenómenos transitorios de diversa naturaleza que cambian en el cielo.

## DEL FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN A LA PRIMERA LUZ

En los últimos dos años los acontecimientos se han ido acelerando. La cámara de pruebas LSST Commissioning Camera (LSSTComCam) captó su primer fotón el 24 de octubre de 2024, dando inicio a la campaña de puesta a punto del sistema tecnológico con observaciones reales de cielo. La cámara científica definitiva, LSST Camera (LSSTCam), se instaló el 15 de abril de 2025, y el 23 de junio de 2025 el



Figura 1. Vista del Observatorio Vera C. Rubin en Cerro Pachón. En esta fotografía capturada en febrero de 2026, el Observatorio Vera C. Rubin observa el cielo nocturno bajo la deslumbrante vista de la Vía Láctea y las Nubes de Magallanes. Créditos: NSF–DOE Rubin Observatory / NOIRLab / SLAC / AURA/P. Lago.

observatorio alcanzó su 'Primera Luz', el momento en que empezó a tomar de forma rutinaria imágenes de calidad científica con el plano focal completo.

El 24 de octubre de 2025 se declaró sustancialmente completada la construcción del observatorio y, al día siguiente, dieron comienzo las operaciones. Desde entonces Rubin se encuentra en la llamada 'Fase de Optimización Temprana', el periodo en el que el equipo técnico del observatorio trabaja para que el sistema funcione de manera estable y repetible noche tras noche antes del inicio formal del LSST. Durante la fase de validación científica ya se han acumulado más de 21.000 imágenes, un conjunto de datos valioso por sí mismo y que constituye la base de los primeros productos útiles para la comunidad científica.

## LOS PRIMEROS DATOS: DATA PREVIEWS Y ALERTAS

El programa científico de Rubin contempla una serie de tres 'Data Previews (DP)' de creciente complejidad: en 2023 se publicó el 'DP0' basado en datos simulados similares a los que se podrían obtener con la LSSTCam. Seguidamente, en junio de 2025 se publicó el 'DP1' que ofreció los primeros productos reales a partir de siete campos observados con LSSTComCam.

Finalmente, está previsto que entre julio y septiembre de 2026 se publique el 'DP2', el primer conjunto real de datos con LSSTCam que incluirá unas 16.900 visitas en co-adiciones profundas, cubriendo unos 3.000 grados cuadrados en los seis filtros (ugrizy) y hasta unos 15.000 grados cuadrados con al menos uno de los filtros.

Aparte de las imágenes del Universo estático, el otro gran componente de LSST es el flujo de alertas de detecciones de objetos transitorios. El 24 de febrero de 2026, Rubin emitió sus primeras alertas públicas ([rubinobservatory.org/news/first-alerts](https://rubinobservatory.org/news/first-alerts)). Cada vez que el sistema detecta un cambio en el cielo, un objeto que aparece, desaparece o varía de brillo, genera, en menos de 120 segundos, una alerta que se distribuye de forma totalmente pública a través de nueve 'brokers' comunitarios ([lsst.org/scientists/alert-brokers](https://lsst.org/scientists/alert-brokers)). A lo largo de este año 2026 está previsto que se sumen a las alertas una base de datos de productos rápidos (PPDB) con más detalles de los candidatos a objetos transitorios y la publicación de imágenes nocturnas procesadas.

Toda esta riqueza de datos se pondrá a disposición de la comunidad a través de la Rubin Science Platform (<https://data.lsst.cloud/>), un entorno virtual que permite consultar catálogos, visualizar imágenes y realizar análisis de los datos de LSST sin necesidad de descargarlos, usando la potencia de computación de los servidores propios de LSST repartidos en diferentes infraestructuras o Data Facilities (DF; en EEUU, Francia y Reino Unido).

### **MATERIA Y ENERGÍA OSCURAS: EL CORAZÓN CIENTÍFICO**

El LSST se organiza en torno a cuatro grandes temas científicos: el estudio de la materia y la energía oscuras, el inventario del Sistema Solar, la cartografía de la Vía Láctea y la exploración del cielo variable y transitorio. De todos ellos, el que da nombre al observatorio, y el de mayor repercusión cosmológica, es el primero.

De la coordinación de este esfuerzo se ocupa la Dark Energy Science Collaboration (DESC; <https://lsstdesc.org/>), una colaboración internacional de alrededor de 1.500 miembros procedentes de unos 30 países. DESC combina varias sondas cosmológicas complementarias: el efecto de lente gravitacional débil y la distribución a gran escala de las galaxias, el recuento de cúmulos de galaxias, el estudio de la materia oscura a partir de la masa mínima de los halos galácticos, y la caracterización de supernovas de tipo Ia como indicadores de distancia.

El objetivo final de DESC consiste en cruzar los resultados de todas estas sondas para medir con una precisión sin precedentes la evolución de la expansión del universo y el crecimiento de su estructura,

para así entender la naturaleza de la energía oscura. Es, en cierto modo, la continuación natural del trabajo de Vera Rubin: pasar de descubrir que el universo está dominado por componentes 'oscuros' a medir, con todo el rigor posible, de qué están hechos.

### **LA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN LSST**

La comunidad astronómica española está presente en Rubin vía dos acuerdos de colaboración: el del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), y el del consorcio Barcelona-Madrid (del que forman parte el Institut de Física d'Altes Energies - IFAE, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT, el Institut de Ciències de l'Espai - ICE/CSIC, el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya IEEC, y el Instituto de Física Fundamental - IFT/CSIC). Estos grupos contribuyen al desarrollo de los análisis cosmológicos, a la infraestructura de computación y preparación de simulaciones y a la futura explotación científica de los datos. Las aportaciones incluyen tareas que van desde la calibración y el modelado de diferentes sondas cosmológicas hasta la coordinación de grupos de trabajo y responsabilidades dentro de la colaboración. En particular, el Port d'Informació Científica (PIC) es uno de los centros independientes de acceso a datos (IDAC) que Rubin está desplegando fuera de Estados Unidos y que dispondrán de copias de todos los datos observados y producidos por LSST.

### **LO QUE ESTÁ POR VENIR**

Los próximos meses serán intensos. Antes de que acabe 2026 se espera la publicación de DP2, la ampliación del área cubierta por las alertas más allá de los campos de observación profunda, la puesta a disposición de la PPDB y el inicio de la publicación de imágenes nocturnas. Más adelante, llegarán el inicio formal del LSST y la primera publicación completa de datos, DR1, basada en el primer año del cartografiado.

Rubin representa un cambio de escala en la forma de hacer astronomía. En lugar de apuntar a objetos concretos, se observará todo el cielo de manera sistemática y se pondrán los datos públicos recurrentemente a toda la comunidad. Es difícil anticipar todos los descubrimientos que LSST proporcionará, y probablemente los más fascinantes serán los que hoy ni siquiera imaginamos, pero sí se puede estar seguro que durante la próxima década la astronomía llevará, con todo merecimiento, el nombre de Vera Rubin.



Figura 2. Vista del Cúmulo de Virgo desde el Observatorio Vera C. Rubin, ofreciendo una visión de la variedad que existe en el cosmos. Se ven dos galaxias espirales prominentes, tres galaxias en fusión, grupos de galaxias cercanas y lejanas, y estrellas dentro de la Vía Láctea. Créditos: NSF-DOE Vera C. Rubin Observatory

# EL LEGADO DE CECILIA PAYNE-GAPOSCHKIN

El año pasado se celebró el centenario de uno de los hitos más importantes de la astrofísica moderna: la publicación de la tesis doctoral de Cecilia Payne-Gaposchkin. Dicho trabajo, que llevó por título, “Atmósferas estelares, una contribución al estudio de observación de las altas temperaturas en las capas de inversión de las estrellas”, ha llegado a ser considerado como la tesis de doctorado más brillante nunca escrita en la historia de la astronomía. Gracias a su constancia, persistencia, apertura de miras y un trabajo detallado e innovador, Cecilia consiguió cambiar nuestra visión sobre cuál es la composición química de las estrellas. Además, abrió las puertas al desarrollo de una disciplina que, siendo novedosa en su época, se ha convertido en una herramienta clave en astrofísica: el análisis espectroscópico de abundancias de las capas externas de las estrellas. Más allá de la importancia que tienen los resultados derivados de la aplicación de dicha técnica para el estudio de la evolución de las estrellas y las galaxias, Cecilia ayudó a la humanidad a acercarse un poco más a la respuesta de una pregunta que nos ha intrigado desde tiempos inmemoriales: ¿de dónde venimos?



Sergio Simón-Díaz

@sergiosimondiaz

Instituto de Astrofísica de Canarias

Es difícil decir algo nuevo sobre Cecilia Payne-Gaposchkin que no se haya dicho ya. Este artículo surge de una propuesta realizada por el Comité Editorial de este boletín después de la celebración de uno de los seminarios online organizados por la [comisión G2](#) (Estrellas masivas) de la Unión Astronómica Internacional (IAU). Junto con la [comisión G5](#) (Atmósferas estelares y planetarias) decidimos celebrar un evento especial para conmemorar los cien años de la publicación de la tesis de Cecilia. Presentado por [Floor Broekgaarden](#), investigadora en astrofísica en la Universidad de San Diego (California), el evento llegó a reunir en directo a más de 250 personas de todo el mundo, y la grabación en [YouTube](#) lleva a día de hoy más de 220 visualizaciones. Si no la habéis visto ya, os recomiendo que lo hagáis. Floor cuenta la tesis de Cecilia siguiendo el espíritu de claridad y curiosidad de la autora. Y además tuvimos la grata sorpresa de poder contar con la participación de la propia nieta de Cecilia en el turno de preguntas.

Sin duda había oído hablar antes de Cecilia. Sin embargo admito que, pese a llevar más de 25 años en esta profesión (además de los 2 años de especialización en Astrofísica durante la licenciatura), no fui consciente de la relevancia de su trabajo hasta hace unos pocos años. Un hecho que se agrava aún más si tenemos en cuenta que mi día a día en el terreno laboral se centra en la espectroscopia estelar.

Entono el *mea culpa* con honestidad. Pero también me pregunto hasta qué punto esto que comento no es, en parte, un resultado de que nuestra sociedad no está del todo libre de sesgos de género. Estamos dando pasitos para mejorar la situación, pero todavía nos queda mucho para lograr equiparar la importancia que le damos a nuestros referentes femeninos y masculinos dentro de nuestra sociedad científica.

Es por eso que acepté con gusto la escritura de este pequeño artículo para el boletín de la SEA. Quise aprovechar la oportunidad para tener una excusa que me permitiese dedicar algo de mi tiempo a conocer más detalles sobre la historia de Cecilia. Además, me hizo recordar algo que me lleva llamando la atención desde que era estudiante de tesis: existe una gran cantidad de trabajos sobre determinación de abundancias en estrellas de distinto tipo que están desarrollados por mujeres. Es como si supieran,

HARVARD OBSERVATORY MONOGRAPHS

HARLOW SHAPLEY, EDITOR

---

---

No. 1

# STELLAR ATMOSPHERES

A CONTRIBUTION TO THE OBSERVATIONAL  
STUDY OF HIGH TEMPERATURE IN THE  
REVERSING LAYERS OF STARS

BY

CECILIA H. PAYNE

Figura 1. Portada de la tesis doctoral de Cecilia H. Payne.

quizá de manera inconsciente, de la importancia de perpetuar y hacer crecer el legado de Cecilia. Es también llamativa la cantidad de mujeres que lideran estudios, tanto a nivel teórico como observacional, sobre evolución química de galaxias.

Entre las miles de entradas en internet que hacen referencia a los logros científicos de Cecilia, su vida académica, y los honores que ha recibido por sus trabajos de investigación (por fortuna, algunos de ellos mientras era una profesional activa), me topé con la transcripción de una [entrevista](#) que le hicieron en marzo de 1968 en su despacho del Harvard College Observatory. Si no la has leído y te gusta conocer sobre la historia detrás del resultado científico, te la recomiendo. A mi, personalmente, siempre me ha llamado la atención comprobar cómo desarrollos científicos puntuales cobran un sentido e importancia mucho mayores cuando es posible ponerlos dentro de un contexto histórico, social y personal.

En el momento de la entrevista Cecilia tenía 68 años y, en mi opinión, una lectura atenta de sus respuestas consigue transmitir la tranquilidad de alguien que ha sabido luchar de manera persistente y con honradez por su sueño. Por conseguir que no se apagase la llama de algo que tenía dentro y que necesitaba dejar fluir para sentirse realizada. Quizá estoy sobreinterpretando el contenido de la transcripción, pero ¿no es acaso eso lo que mueve a muchas de las personas que apuestan por una carrera científica, tecnológica o artística?

Con el permiso del lector, voy a hacer un paréntesis para tomarme una pequeña licencia poética, la que permite bosquejar historias del pasado con la sencillez con la que contamos cuentos y leyendas.

Érase una vez una joven inquieta que quería ser botánica, pero cambió de opinión tras escuchar una charla de un gran orador, astrofísico y mate-

mático. Pese a las dificultades que le presentó la sociedad del momento terminó sus estudios con éxito. Ella sabía que eso era solo el principio. Su curiosidad y destreza innata le permitieron ir más allá. Tuvo la intuición (o el buen criterio) de que merecía la pena dedicar tiempo a entender cómo una ecuación que había presentado hacía poco un colega indio como parte de su tesis doctoral podía ayudarle a estudiar la composición química de las atmósferas estelares. Cuentan que un tiempo después de empezar su investigación se la vió charlando emocionada por los pasillos de la universidad con una compañera algo mayor. Ambas celebraban el descubrimiento que había realizado Cecilia gracias a unos resultados que le había compartido esa mujer que años más tarde fue conocida por ser la persona que más espectros estelares había clasificado durante su vida. *"Al principio dudé si mi descubrimiento era correcto, pero ahora estoy segura"*, le dijo. El tiempo pasó, y Cecilia pudo no solo sentirse satisfecha con su descubrimiento, sino también ver cómo aquellos que no creían inicialmente en sus resultados terminaban aceptando la fiabilidad e importancia de su trabajo.

Más allá de esta versión simplificada y edulcorada de lo que fueron sus años de tesis doctoral, tengo el convencimiento de que no tuvo que ser fácil para ella tener que lidiar con obstáculos que van más allá de los que nos encontramos en nuestro día a día como científicos. Pero también tengo la sensación después de leer esa entrevista que su determinación, intuición, sencillez y rigor seguramente ayudaron a conseguir todo lo que consiguió. Porque no solo es que Cecilia lograra ayudar a la humanidad a quitarse (una vez más) esa manía de tener una visión geocéntrica del Universo, sino que también ayudó a abrir camino para que ciertos privilegios académicos no fuesen exclusivos del hombre.

En su discurso de aceptación del premio Henry Norris Russell de la Sociedad Astronómica Americana, que consiguió poco después de haber sido la primera mujer nombrada Profesora de Astronomía y directora de departamento en la Universidad de Harvard, Cecilia comentó: *"La recompensa del joven científico es la emoción intensa de ser la primera persona en la historia del mundo en*

*ver algo o comprender algo. Nada puede compararse con esa experiencia... La recompensa del científico veterano es la sensación de haber visto cómo un boceto difuso se convierte en un paisaje magistral"*. Hoy, 50 años después de haber dicho esas palabras, seguramente se sentiría más que recompensada por ver cómo aquel descubrimiento que el azar de la vida, regado con su perseverancia y pasión, le llevó a realizar, ha ayudado a acercar a la humanidad a tener una comprensión más global de la evolución del Universo y nuestro lugar en el Cosmos.

Si has llegado hasta aquí (cosa que te agradezco enormemente) quizá estés pensando: "pero ya casi ha acabado el artículo y todavía no has comentado nada del descubrimiento que hizo y que ha llevado a todas las celebraciones que tuvieron lugar el año pasado". Si es así, a eso me refería más arriba sobre el trabajo que nos queda por delante para hacer desaparecer los sesgos de género sobre los referentes científicos de la sociedad. Pongamos como ejemplo que estuviese escribiendo sobre alguien al que conoces muy bien y que, al igual que Cecilia, impulsó el inicio de una revolución sobre nuestra manera de entender el Universo. Seguro que no haría falta mencionar de manera explícita cuál fue su logro. Su nombre bastaría (¡me juego mi plaza de investigador científico en el IAC!). A eso me refiero.

Para terminar, y tras reconocer un poquito más el papel fundacional que ha tenido Cecilia en la Astrofísica moderna, me gustaría nombrar a algunas de las mujeres con las que he tenido el privilegio de encontrarme en algún momento de mi carrera y que han puesto su granito de arena para que el legado de Cecilia no sólo perdure, sino que además se extiende: Charo Villamariz, Carrie Trundle, Katia Cunha, Alexandra Ecuviellón, Simone Daflon, Fernanda Nieva, Alejandra Recio Blanco, Elisabetta Caffau, Sara R. Berlanas, Alba Casasbuenas, MariCruz Gálvez-Ortiz, Elisa Delgado-Mena, Laura Magrini, Angela Bragaglia, Paola Sestito, Gražina Tautvaišiene, Sofia Randich, Elena Panchino, Nevena Markova, Maren Brauner, Ana Elia García Pérez. Gracias a todas ellas (y a muchas otras astrofísicas que seguro que me he dejado en el tintero), conocemos un poquito mejor de qué está compuesto ese 2% de material estelar que no es Hidrógeno y Helio.



Figura 2. Interpretación realizada por Celia Fernández Brasseur (@\_cc.cherryblossom\_) de una fotografía-retrato sin fecha de Cecilia Payne-Gaposchkin. Fotografía original cortesía de la Biblioteca Arthur y Elizabeth Schlesinger sobre la Historia de las Mujeres en Estados Unidos, del Instituto Harvard Radcliffe. Imagen generada sin el uso de inteligencia artificial.

# LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE DESI

El instrumento DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) [1, 2] representa uno de los mayores esfuerzos actuales en cosmología observacional. Su objetivo principal es medir con una precisión sin precedentes la historia de la expansión del universo y, con ello, arrojar luz sobre la naturaleza de la energía oscura, el componente responsable de su aceleración. Instalado en el telescopio Mayall de 4 metros en Kitt Peak (Arizona), DESI está construyendo un mapa tridimensional del cosmos que abarca decenas de millones de galaxias y cuásares. En este proyecto internacional, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) desempeña un papel clave, tanto en el desarrollo instrumental como en la interpretación teórica de los datos.



Elena Fernández García  
*@elenafg0*

Francisco Prada  
*f.prada@csic.es*

Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

## LA INGENIERÍA DE PRECISIÓN: LOS OJOS DE DESI

Uno de los elementos más innovadores de DESI es su sistema de posicionadores robóticos de fibra óptica. Este sistema constituye el núcleo del instrumento y es responsable de capturar la luz de los objetos celestes que se quieren estudiar.

DESI cuenta con 5.000 robots individuales, cada uno equipado con una fibra óptica [1, 3, 4]. Estos robots están distribuidos sobre el plano focal del telescopio, cubriendo un campo de visión de 3.2 grados. Para ponerlo en contexto, esto equivale a unas 40 lunas llenas en el cielo, lo que permite observar grandes regiones del universo en cada exposición.

Cada robot puede moverse con una precisión extraordinaria, del orden de micras, para alinearse exactamente con una galaxia o cuásar. Este nivel de precisión es fundamental. Una desviación mínima podría significar perder la señal de un objeto extremadamente débil o contaminar la medida con luz de otra fuente cercana.

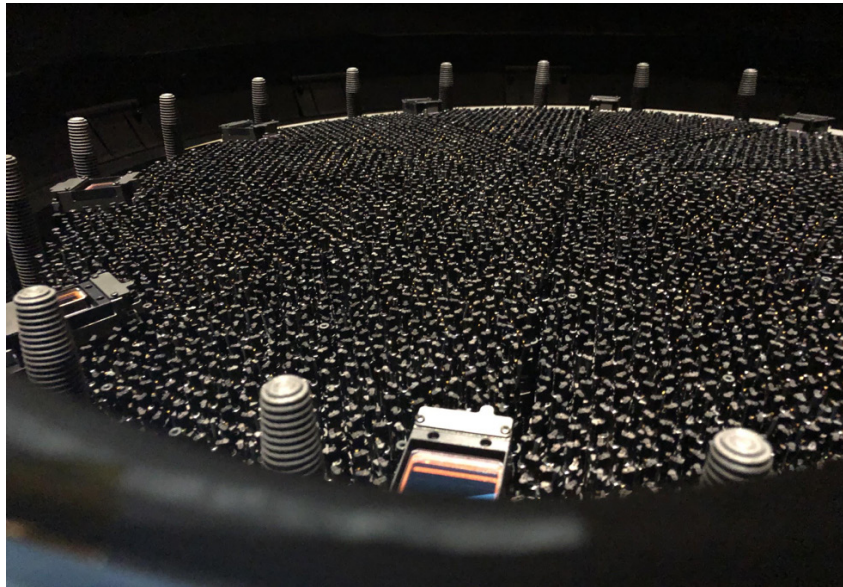
El IAA-CSIC tuvo un papel protagonista en el desarrollo de estos dispositivos. El equipo participó en el diseño mecánico, la electrónica y los sistemas de control. Además, lideró la fase de prototipado y validación, donde se sometieron los robots a pruebas intensivas para asegurar su funcionamiento fiable en condiciones reales.

Uno de los mayores retos fue coordinar el movimiento simultáneo de miles de robots. Era necesario evitar colisiones, minimizar errores de posicionamiento y garantizar tiempos de operación rápidos. Todo esto debía lograrse de forma automatizada y repetible noche tras noche.

Gracias a este sistema, DESI puede obtener espectros de hasta 5.000 objetos a la vez. Esto supone una mejora radical en eficiencia respecto a instrumentos anteriores, que solo podían observar unos pocos cientos simultáneamente.

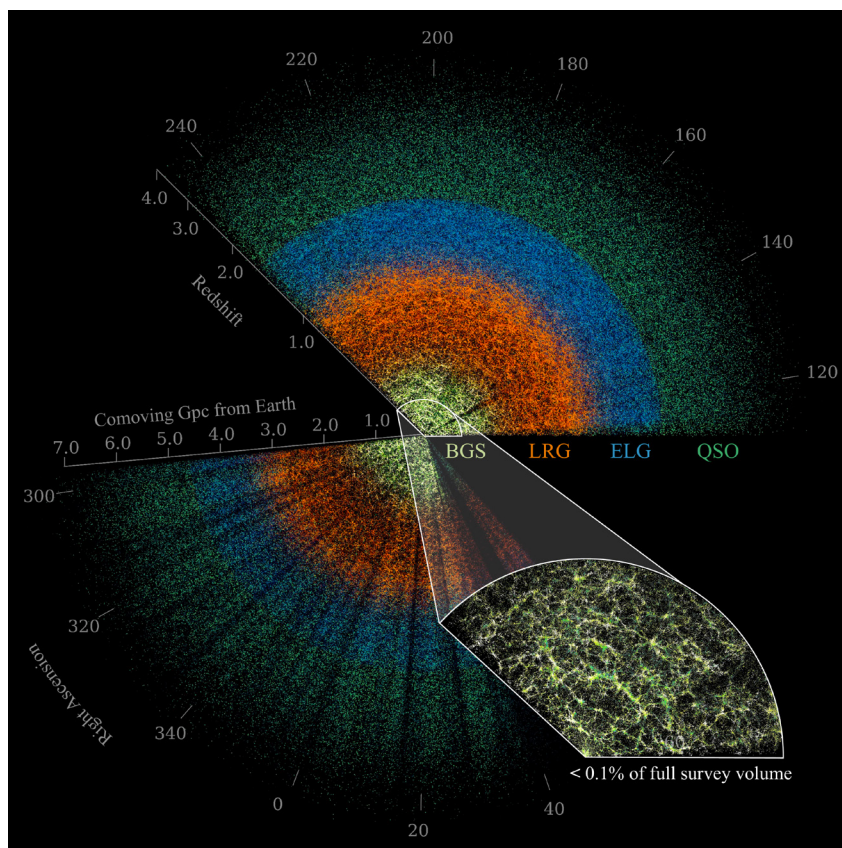
El programa observacional se organiza en distintos modos. Durante el llamado “tiempo oscuro”, se observan galaxias lejanas y débiles, como las Luminous Red Galaxies (LRG) o las Emission Line Galaxies (ELG). En “tiempo brillante”, se estudian objetos más cercanos y luminosos, como los de la muestra Bright Galaxy Sample (BGS) [5, 6, 7, 8].

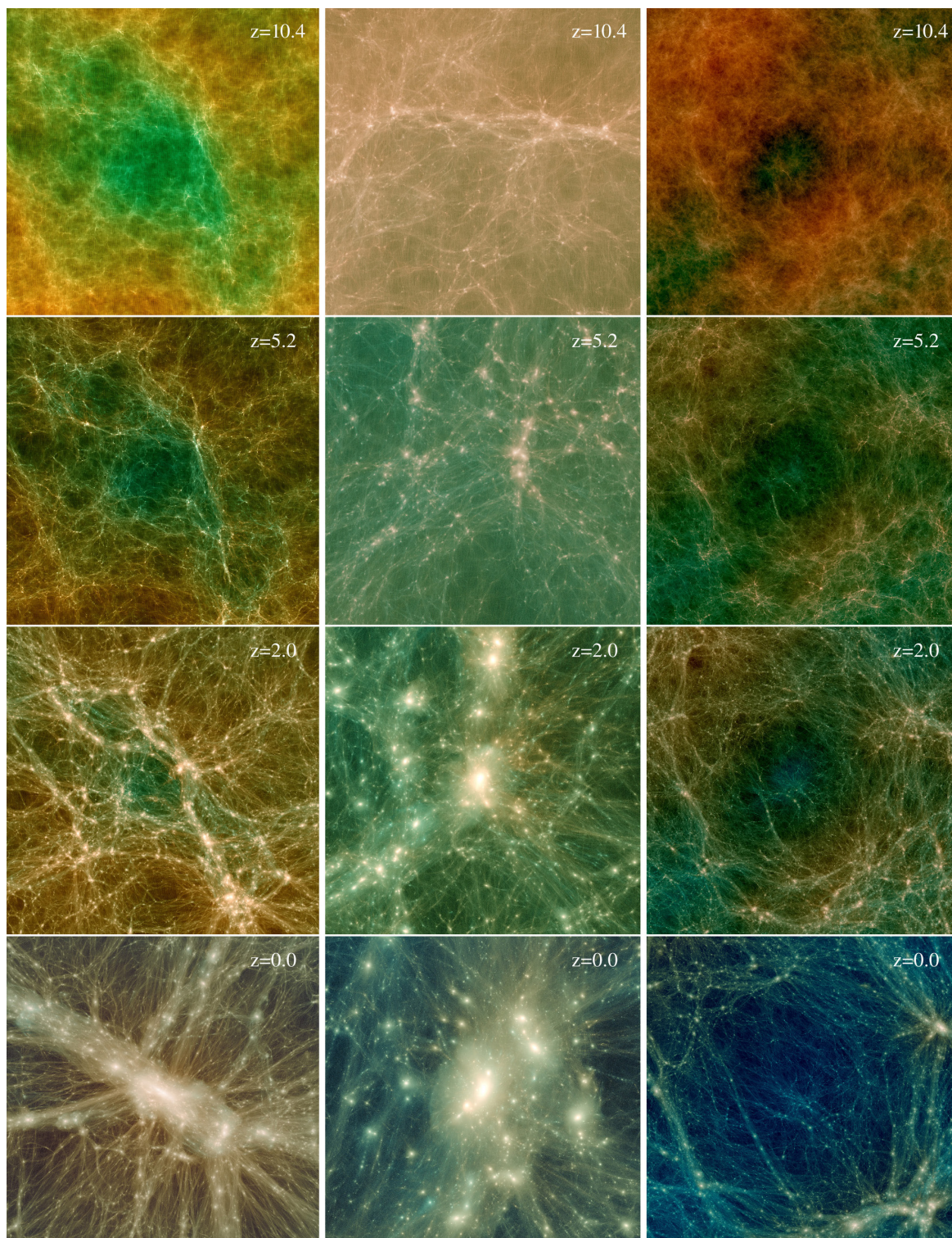
# Y LA CONTRIBUCIÓN DEL IAA-CSIC



Las 5.000 fibras ópticas de DESI. Imagen sacada de <https://www.ieec.cat/en/desi-opens-its-5000-eyes-to-capture-the-colors-of-the-cosmos/>

Corte del universo de DESI DR1 mostrando una cuña estrecha ( $\pm 5^\circ$  en declinación) hasta  $z \approx 4$ . Los trazadores de galaxias (BGS, LRG, ELG, QSOs) están codificados por color, resaltando la estructura a gran escala y las regiones aún incompletas del sondeo. Imagen sacada de <https://arxiv.org/pdf/2503.14745>.





Evolución de tres entornos de la suite de simulaciones Uchuu. Se indica el corrimiento al rojo en cada panel:  $z = 10.4, 5.2, 2.0$  y  $0.0$  (de arriba a abajo). Los entornos son: izquierda, el halo más masivo de Uchuu; centro, un halo tipo Vía Láctea de Shin-Uchuu; derecha, un vacío seleccionado a ojo en Shin-Uchuu. Los tamaños laterales son  $38, 2.3$  y  $35 h^{-1} \text{ Mpc}$ , respectivamente. Créditos: <https://arxiv.org/abs/2007.14720>.

Esta flexibilidad permite aprovechar al máximo cada noche de observación y construir el mapa del universo de forma sistemática y eficiente.

### UCHUU: UN UNIVERSO SIMULADO

Observar el universo es solo una parte del trabajo. Para extraer conclusiones físicas, es imprescindible comparar los datos con modelos teóricos. Aquí es donde entra en juego Uchuu [9].

Uchuu es una simulación cosmológica de gran escala diseñada para reproducir la evolución de la materia oscura en el universo. Utiliza aproximadamente 2,1 billones de partículas en un volumen enorme, lo que permite capturar tanto estructuras grandes como detalles finos.

El objetivo de Uchuu es actuar como un “gemelo digital” del universo. Es decir, un entorno controlado donde se pueden probar teorías y comparar directamente con las observaciones de DESI.

El IAA-CSIC lidera este esfuerzo, desarrollando herramientas para convertir la simulación en catálogos de galaxias comparables con los datos reales.

Para ello se utiliza una técnica conocida como Subhalo Abundance Matching (SHAM) [10, 11]. Este método establece una relación entre halos de materia oscura y galaxias observadas. En términos simples,

asigna galaxias a estructuras simuladas en función de propiedades como la masa o la luminosidad.

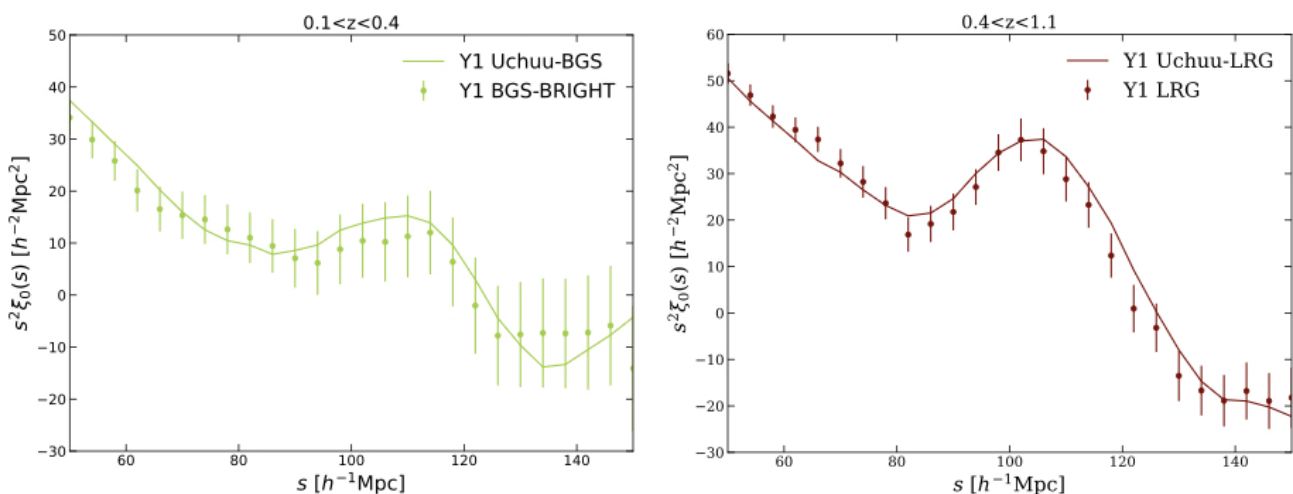
Por ejemplo, en la muestra BGS se trabaja con magnitudes absolutas, mientras que en las LRG se utilizan estimaciones de masa estelar [12]. Estas propiedades se relacionan con parámetros del halo, como la velocidad circular máxima.

El resultado es una reconstrucción muy realista de la distribución de galaxias. Los catálogos generados reproducen con gran precisión el patrón de agrupamiento observado en el universo.

Esta concordancia no es un detalle menor. Es lo que permite confiar en que los modelos utilizados son adecuados para interpretar los datos.

Además, estos catálogos tienen múltiples aplicaciones prácticas. Sirven para validar métodos de análisis, probar estrategias de observación y estudiar posibles sesgos en los datos.

Un aspecto especialmente importante es la estimación de errores. Para ello se utiliza la suite GLAM-Uchuu, que genera miles de realizaciones independientes. Estas permiten calcular matrices de covarianza, fundamentales para cuantificar la incertidumbre en las medidas cosmológicas.



Monopolo de la función de correlación de dos puntos para Uchuu-BGS (líneas) y BGS-BRIGHT Y1 (puntos) en  $0.1 < z < 0.4$  (panel izquierdo), y para Uchuu-LRG y LRG Y1 en  $0.4 < z < 1.1$  (panel derecho). Imagen sacada de [12].

Todo el análisis de DESI y las simulaciones cosmológicas utilizadas para la construcción de las matrices de covarianza se han realizado en nuestro servidor Skun6 del IAA-CSIC. Asimismo, los productos derivados de estas simulaciones están disponibles a través de Skies & Universes (<https://www.skiesanduniverses.org/>), una plataforma desarrollada y gestionada por nuestro colaborador José Ruedas (IAA-CSIC).

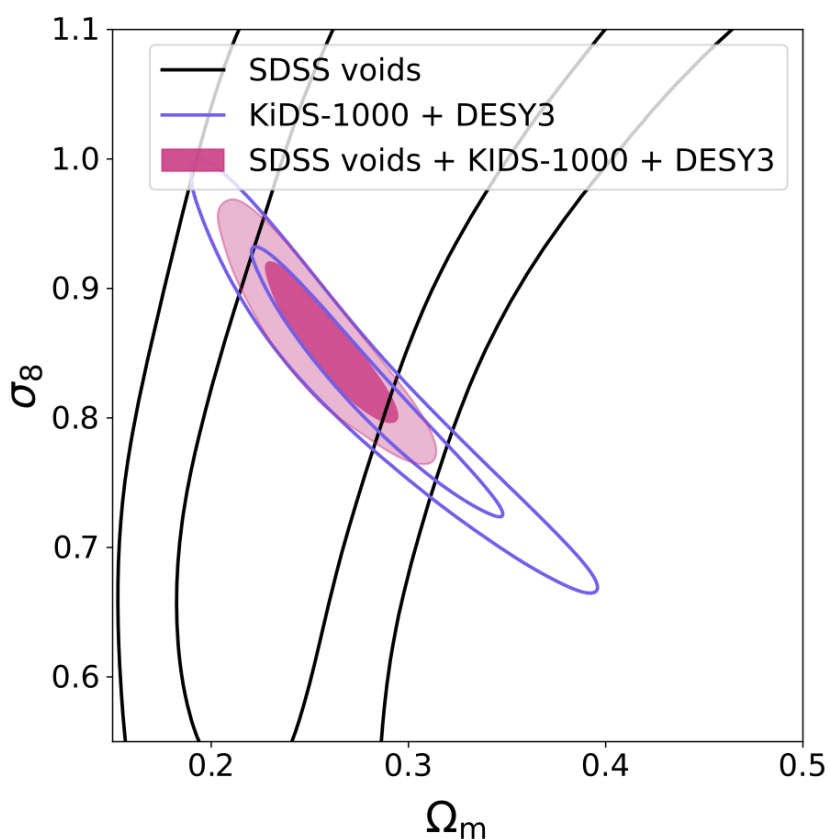
### EL PODER DE LO VACÍO: LOS VACÍOS CÓSMICOS

Aunque gran parte de la cosmología se centra en galaxias y cúmulos, existe otra estructura igualmente importante: los vacíos cósmicos. Los vacíos son regiones extensas del universo con una densidad de galaxias muy baja en comparación con la densidad promedio del universo. Lejos de ser irrelevantes, estas zonas contienen información muy

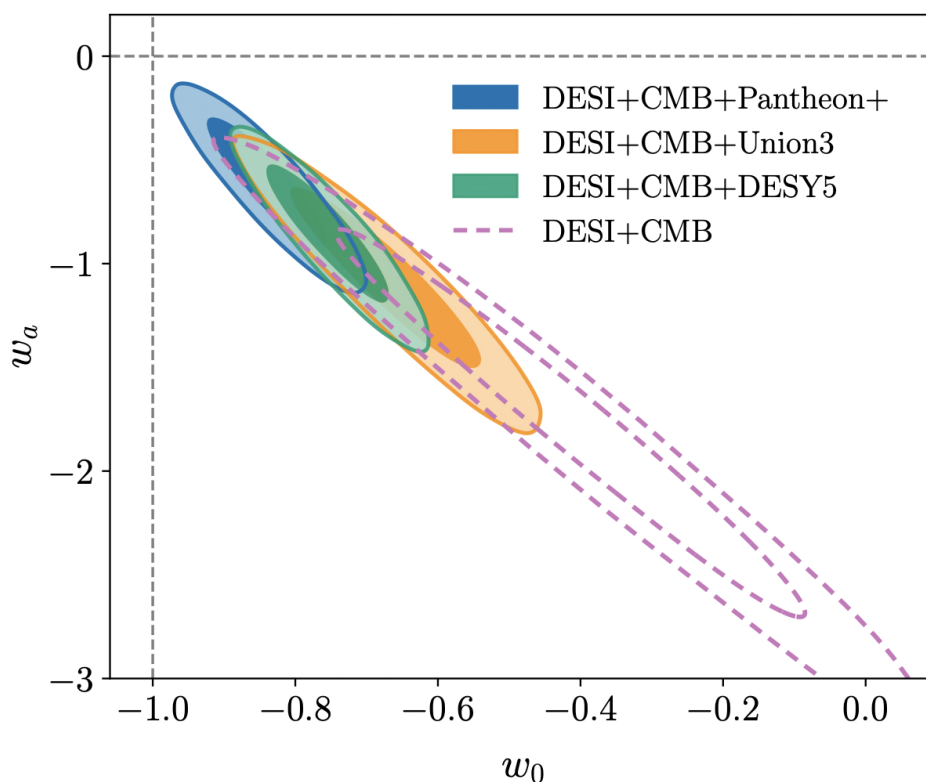
sensible a los parámetros cosmológicos. Una de sus ventajas es que están menos afectadas por procesos astrofísicos complejos. Esto las convierte en laboratorios más limpios para estudiar la expansión del universo.

El IAA-CSIC, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), está desarrollando modelos teóricos para describir la abundancia y distribución de estos vacíos [13]. Estos modelos dependen de parámetros como la densidad de materia,  $\Omega_m$ , y la amplitud de las fluctuaciones de densidad,  $\sigma_8$ .

El enfoque ha sido validado utilizando datos del Sloan Digital Sky Survey (SDSS) y simulaciones como Uchuu. Los resultados muestran que los voids aportan información complementaria a la obtenida con galaxias.



Contornos de KiDS-1000+DESY3 (contornos azules), los voids de SDSS (contornos negros) y la combinación de ambos (contorno rosa relleno). Estos contornos representan regiones de probabilidad del 68% y 95% en el plano  $\sigma_8$ - $\Omega_m$ . Imagen sacada de [13].



Distribuciones posteriores de  $w_0$  y  $w_a$  ajustadas con el modelo  $w_0 w_a$  CDM usando datos de DESI en combinación con CMB y distintos conjuntos de supernovas. Los contornos muestran niveles de confianza del 68% y 95%. Las líneas grises indican el caso  $\Lambda$ CDM ( $w_0 = -1$ ,  $w_a = 0$ ), cuya desviación se detecta con una significancia de hasta  $4.2\sigma$  según el conjunto de datos utilizado. Imagen sacada de [14].

Un avance reciente ha sido combinar el análisis de vacíos con medidas de lente gravitacional débil. Estas medidas permiten estudiar cómo la materia, visible e invisible, curva la luz. Datos de proyectos como KiDS-1000 y DESY3 han sido clave en este sentido. Al combinar ambas técnicas, se ha logrado reducir las incertidumbres en parámetros cosmológicos de forma significativa. En algunos casos, la mejora alcanza factores de entre 2 y 3. Esto demuestra el potencial de los voids como herramienta cosmológica. Actualmente, este tipo de análisis se está aplicando a los datos de DESI. La muestra BGS, con su gran volumen, permitirá estudiar vacíos con un nivel de detalle sin precedentes.

### RESULTADOS QUE DESAFÍAN EL MODELO ESTÁNDAR

Uno de los aspectos más interesantes de DESI es su capacidad para poner a prueba el modelo cosmológico estándar, conocido como  $\Lambda$ CDM. Este modelo

ha sido extremadamente exitoso durante las últimas décadas. Describe un universo dominado por materia oscura y energía oscura, esta última en forma de constante cosmológica.

Sin embargo, las nuevas medidas de DESI están empezando a mostrar posibles tensiones con este modelo. Un elemento clave en este análisis son las oscilaciones acústicas de bariones (BAO). Estas estructuras se originaron en el universo temprano y actúan como una regla estándar para medir distancias. Los datos recientes [14] sugieren que la expansión del universo podría no seguir exactamente las predicciones del modelo  $\Lambda$ CDM. En particular, algunos resultados apuntan a la posibilidad de que la energía oscura no sea constante, sino que evolucione con el tiempo. Este comportamiento se describe mediante parámetros como  $w_0$  y  $w_a$ . Si estos resultados se confirman, implicarían la necesidad de revisar el modelo cosmológico actual.

Es importante destacar que estas tensiones aún están bajo estudio. Podrían deberse a efectos sistemáticos o a limitaciones en los datos. Aun así, el potencial impacto es enorme. Estaríamos ante una posible señal de nueva física más allá del modelo estándar. El reconocimiento de DESI ha trascendido el ámbito científico. Su mapa tridimensional del universo ha sido destacado internacionalmente y ha recibido atención en medios generalistas.

### MIRANDO AL FUTURO: DESI-II

El proyecto DESI continúa su evolución con su próxima fase: DESI-II. Esta extensión del programa observacional, que se desarrollará hasta 2028, tiene como objetivo ampliar y mejorar el mapa del universo, incorporando nuevos tipos de objetos y aumentando significativamente el volumen observado. Gracias a estos avances, se espera que las mediciones cosmológicas alcancen una precisión mucho mayor, con mejoras de hasta un factor de 3 en algunos parámetros clave. Esta mayor exactitud permitirá estudiar con más detalle la distribución de galaxias, la expansión del universo y los vacíos cósmicos, contribuyendo a comprender mejor las tensiones existentes en cosmología. DESI-II combina observaciones de alta calidad con análisis teóricos avanzados, representando un enfoque integral para explorar la estructura a gran escala del cosmos. Su impacto promete transformar nuestra manera de estudiar el universo, estableciendo nuevos estándares en cartografía cósmica y en la precisión de los parámetros cosmológicos.

### REFERENCIAS

- [1] DESI Collaboration, A. Aghamousa, J. Aguilar, S. Ahlen, S. Alam, L. E. Allen, C. Allende Prieto, J. Annis, S. Bailey, C. Balland, O. Ballester, C. Baltay, L. Beaufore, C. Bebek, T. C. Beers, and others, arXiv e-prints , arXiv:1611.00036 (2016), arXiv:1611.00036 [astro-ph.IM] .
- [2] DESI Collaboration, A. Aghamousa, J. Aguilar, S. Ahlen, S. Alam, L. E. Allen, C. Allende Prieto, J. Annis, S. Bailey, C. Balland, O. Ballester, C. Baltay, L. Beaufore, C. Bebek, T. C. Beers, and others, arXiv e-prints , arXiv:1611.00037 (2016), arXiv:1611.00037 [astro-ph.IM] .
- [3] J. H. Silber, P. Fagrellius, K. Fanning, M. Schubnell, J. N. Aguilar, S. Ahlen, J. Ameer, O. Ballester, C. Baltay, C. Bebek, D. Benton Beard, R. Besuner, L. Cardiel-Sas, R. Casas, F. J. Castander, and others, AJ 165, 9 (2023), arXiv:2205.09014 [astro-ph.IM] .
- [4] T. N. Miller, P. Doel, G. Gutierrez, R. Besuner, D. Brooks, G. Gallo, H. Heetderks, P. Jelinsky, S. M. Kent, M. Lampton, M. E. Levi, M. Liang, A. Meisner, M. J. Sholl, J. H. Silber, and others, AJ 168, 95 (2024), arXiv:2306.06310 [astro-ph.IM] .
- [5] C. Hahn, M. J. Wilson, O. Ruiz-Macias, S. Cole, D. H. Weinberg, J. Moustakas, A. Kremin, J. L. Tinker, A. Smith, R. H. Wechsler, S. Ahlen, S. Alam, S. Bailey, D. Brooks, A. P. Cooper, and others, AJ 165, 253 (2023), arXiv:2208.08512 [astro-ph.CO] .
- [6] R. Zhou, B. Dey, J. A. Newman, D. J. Eisenstein, K. Dawson, S. Bailey, A. Berti, J. Guy, T.-W. Lan, H. Zou, J. Aguilar, S. Ahlen, S. Alam, D. Brooks, A. de la Macorra, and others, AJ 165, 58 (2023), arXiv:2208.08515 [astro-ph.CO] .
- [7] E. Chaussidon, C. Yeche, N. Palanque-Delabrouille, D. M. Alexander, J. Yang, S. Ahlen, S. Bailey, D. Brooks, Z. Cai, S. Chabanier, T. M. Davis, K. Dawson, A. de laMacorra, A. Dey, B. Dey, and others, ApJ 944, 107 (2023), arXiv:2208.08511 [astro-ph.CO] .
- [8] A. Raichoor, J. Moustakas, J. A. Newman, T. Karim, S. Ahlen, S. Alam, S. Bailey, D. Brooks, K. Dawson, A. de la Macorra, A. de Mattia, A. Dey, B. Dey,

- G. Dhungana, S. Eftekharzadeh, and others, *AJ* 165, 126 (2023), arXiv:2208.08513 [astro-ph.CO] .
- [9] T. Ishiyama, F. Prada, A. A. Klypin, M. Sinha, R. B. Metcalf, E. Jullo, B. Altieri, S. A. Cora, D. Croton, S. de la Torre, D. E. Millán-Calero, T. Oogi, J. Ruedas, and C. A. Vega-Martínez, *MNRAS* 506, 4210 (2021).
- [10] S. A. Rodríguez-Torres, C.-H. Chuang, F. Prada, H. Guo, A. Klypin, P. Behroozi, C. H. Hahn, J. Comparat, G. Yepes, A. D. Montero-Dorta, J. R. Brownstein, C. Maraston, C. K. McBride, J. Tinker, S. Gottlöber, and others, *MNRAS* 460, 1173 (2016), arXiv:1509.06404 [astro-ph.CO]
- [11] F. Prada, J. Ereza, A. Smith, J. Lasker, R. Vaisakh, R. Kehoe, C. A. Dong-Páez, M. Siudek, M. S. Wang, S. Alam, F. Beutler, D. Bianchi, S. Cole, B. Dey, D. Kirkby, and others, *A&A* 698, A170 (2025), arXiv:2306.06315 [astro-ph.CO] .
- [12] E. Fernández-García, F. Prada, A. Smith, J. DeRose, A. J. Ross, S. Bailey, M. W. Wang, Z. Ding, C. Guandalin, C. Lamman, R. Vaisakh, R. Kehoe, J. Lasker, T. Ishiyama, S. M. Moore, and others, accepted in *JCAP*.
- [13] E. Fernández-García, J. E. Betancort-Rijo, F. Prada, T. Ishiyama, A. Klypin, and J. Ereza, *A&A* 695, A19 (2025), arxiv:2406.13736 [astro-ph.CO] .
- [14] DESI Collaboration, *Phy. Rev. D* 112, 083515 (2025), arxiv:2503.14738 [astro-ph.CO] .

# CONCURSO DE DIBUJO INFANTIL 11F 2026

Con motivo del 11 de febrero, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, la Comisión Mujeres y Astronomía de la SEA celebró la quinta edición de su concurso de dibujo infantil “Mujeres y Astronomía”. La iniciativa, ya consolidada, volvió a reunir a cientos de participantes de todo el país, fomentando desde edades tempranas referentes diversos en ciencia y despertando la creatividad y el interés por la astronomía.



**Sara Rodríguez Berlanas**

*srberlan@iac.es*

Inst. de Astrofísica de Canarias / U. de La Laguna

**Beatriz Agís**

*bagis@ia.forth.gr*

Institute of Astrophysics at FORTH

**Francesca Pinna**

*francesca.pinna@iac.es*

Instituto de Astrofísica de Canarias

**Maritza Lara Lopez**

*maritzal@ucm.es*

Universidad Complutense de Madrid

En nombre de la Comisión Mujeres y Astronomía

Con motivo del 11 de febrero, Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, la Comisión Mujeres y Astronomía (CMYA) de la SEA ha celebrado en 2026 la quinta edición de su concurso de dibujo infantil, una iniciativa ya consolidada dentro de las actividades de divulgación y sensibilización de la comisión.

Entre los objetivos principales de la CMYA se encuentra visibilizar la contribución de las mujeres a la ciencia y a la astronomía, así como fomentar una cultura científica más igualitaria e inclusiva. La ciencia avanza gracias a la diversidad de miradas, experiencias e ideas; por ello, es fundamental que todas las personas —mujeres, hombres y personas no binarias— puedan participar plenamente en la construcción del conocimiento. Una comunidad científica diversa no solo es más justa, sino también más rica, creativa y capaz de responder a los retos de la sociedad.

En esta línea, el tema elegido para el certamen ha sido “Mujeres y Astronomía”, invitando a las niñas y niños participantes a imaginar, representar y reconocer a las mujeres como protagonistas del conocimiento científico y de la exploración del universo. Este tipo de actividades contribuyen a cuestionar estereotipos todavía muy presentes y a despertar vocaciones científicas desde edades tempranas.

La necesidad de seguir trabajando en esta dirección queda reflejada en los datos internacionales más recientes. Según el Instituto de Estadística de la UNESCO (UIS), las mujeres representan actualmente alrededor del 31,4 % del personal investigador a nivel mundial, frente al 68,6 % de hombres (datos de 2023). Aunque se han producido avances en las últimas décadas, la brecha de género sigue siendo significativa en numerosos ámbitos científicos, especialmente en disciplinas STEM.

Manteniendo la estructura de ediciones anteriores, el concurso se organizó en cuatro categorías según la edad de las y los participantes:

- Categoría 1: de 3 a 5 años
- Categoría 2: de 6 a 8 años
- Categoría 3: de 9 a 11 años
- Categoría 4: de 12 a 15 años

# MUJERES Y ASTRONOMÍA



Muestra de dibujos participantes  
Concurso de dibujos Mujeres y Astronomía 2026



Muestra de los dibujos participantes en esta edición del concurso de dibujo.

La presentación de dibujos se realizó de forma telemática mediante formulario en línea, y el plazo de participación finalizó el 30 de enero de 2026.

### **PARTICIPACIÓN**

En total se recibieron 254 dibujos procedentes de todo el territorio nacional, una cifra que confirma la excelente acogida de esta iniciativa y el creciente interés que despierta año tras año.

La distribución por categorías fue la siguiente:

- 47 dibujos en la categoría de 3 a 5 años
- 99 dibujos en la categoría de 6 a 8 años
- 46 dibujos en la categoría de 9 a 11 años
- 67 dibujos en la categoría de 12 a 15 años

Desde la Comisión queremos agradecer sinceramente la participación de todas las niñas y niños que han compartido su creatividad, entusiasmo y talento en esta edición. Cada obra recibida ha sido una muestra de imaginación y de interés por la astronomía.

### **DELIBERACIÓN DEL JURADO**

El jurado, formado por personas voluntarias del Grupo Extendido de la CMYA, tuvo la difícil tarea de seleccionar las obras ganadoras entre un conjunto de trabajos de gran calidad y originalidad. En esta edición se decidió conceder un empate en la categoría de menor edad, reconociendo así el mérito de dos participantes.

Las personas premiadas han sido:

- Categoría 1 (3 a 5 años):
  - Eric Pérez (4 años), Alcalá de Henares (Madrid)
  - Sara Alonso (5 años), Alcalá de Henares (Madrid)
- Categoría 2 (6 a 8 años):
  - Olaia García (8 años), Huerta de Rey (Burgos)
- Categoría 3 (9 a 11 años):
  - Triana Mendoza (9 años), Huerta de Rey (Burgos)
- Categoría 4 (12 a 15 años):
  - Miriam Ruiz Fernández (14 años), Granada

### **MIRANDO AL FUTURO**

Desde la CMYA queremos felicitar a todas las personas participantes y, especialmente, a las ganadoras y ganador de esta quinta edición. Iniciativas como este concurso recuerdan la importancia de acercar la

ciencia a la infancia desde una perspectiva inclusiva, ofreciendo referentes diversos y fomentando vocaciones sin estereotipos.

Como broche final a esta edición, los premios otorgados han consistido en telescopios solares y gafas homologadas para la observación de los próximos eclipses de Sol en España. Esta elección no es casual: nos encontramos ante un “trío de eclipses” histórico en nuestro país (2026, 2027 y 2028), una oportunidad única en la vida para que las y los más jóvenes miren al cielo con curiosidad y rigor científico.

Con estos equipos, esperamos que las premiadas y premiado no solo disfruten de estos espectáculos de la naturaleza, sino que sigan cultivando esa fascinación por la astronomía que han demostrado en sus dibujos.

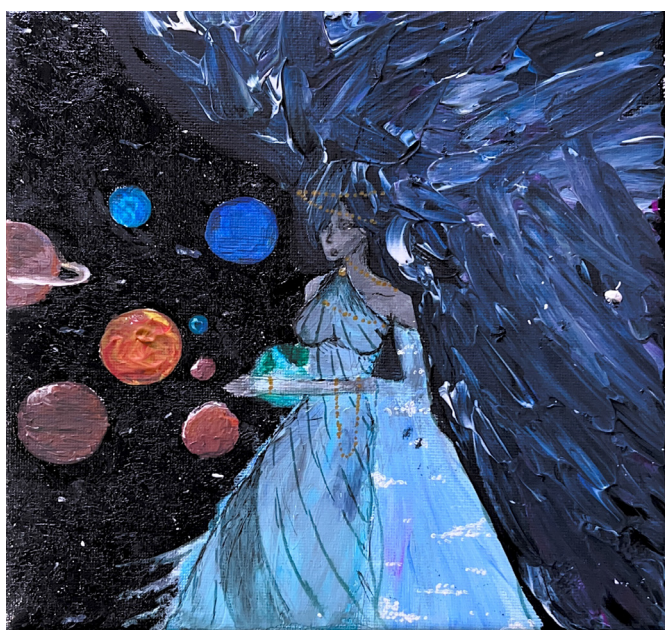
**¡Esperamos seguir celebrando muchas ediciones más, llenas de creatividad, ilusión y universo!**



Comisión Mujeres y Astronomía de la SEA: Beatriz Agís, Naiara Barrado, Asier Castrillo, Maritza Lara López, Nataly Ospina, Francesca Pinna, Irene Pintos Castro, Isabel Rebollido, Andrea Rodríguez Antón, Sara Rodríguez Berlanas y Alicia Rouco.



CAROLINA Y VALENTINA



Dibujos ganadores del concurso infantil de dibujos sobre la mujer en la astronomía. Dibujos de Eric Pérez y Sara Alonso, ganador y ganadora de la Categoría 1 (3 a 5 años). Dibujo de Olaia García, ganadora de la Categoría 2 (6 a 8 años). Dibujo de Triana Mendoza, ganadora de la Categoría 3 (9 a 11 años). Dibujo de Miriam Ruiz, ganadora de la Categoría 4 (12 a 15 años).

# BASES DEL CONCURSO DE FOTOGRAFÍA

## 1. OBJETO DEL CONCURSO

La Sociedad Española de Astronomía (SEA) convoca un concurso de fotografía con motivo del eclipse solar del **12 de agosto de 2026**, con el fin de promover la divulgación científica y cultural de la astronomía a través de la imagen.

## 2. PARTICIPANTES

El concurso está abierto a mayores de 18 años, aficionados o profesionales, de cualquier nacionalidad, siempre que las fotografías hayan sido tomadas con ocasión del eclipse solar del 12 de agosto de 2026 en territorio español.

La participación en el concurso implica la aceptación íntegra de las presentes bases.

## 3. TEMÁTICA

Las fotografías deberán estar relacionadas con el eclipse solar del **12 de agosto de 2026**, pudiendo incluir, entre otros enfoques:

- El fenómeno astronómico en sí (parcial o totalidad).
- Detalles científicos o instrumentales de la observación.
- La relación del eclipse con el paisaje, el entorno urbano o las personas.
- Actividades de divulgación u observación pública relacionadas con el evento.

## 4. REQUISITOS DE LAS OBRAS

- Las obras deberán ser **originales**, no premiadas previamente en otros concursos.
- Cada participante podrá presentar un máximo de **2 fotografías**.
- Se admitirán fotografías en color o en blanco y negro.
- Se permitirán ajustes generales (recorte, niveles, contraste, reducción de ruido), pero no fotomontajes que alteren sustancialmente la realidad del fenómeno astronómico.

## 5. FORMATO Y ENVÍO

Las fotografías se enviarán en formato digital (JPEG o TIFF), con una resolución mínima de **3000 píxeles en el lado mayor**.

Las imágenes deberán enviarse a la dirección **concurso-foto@sea-astronomia.es**, acompañadas de:

- Título de la fotografía
- Lugar y hora aproximada de la toma
- Breve descripción técnica (instrumento, cámara, parámetros básicos)
- Nombre completo del autor o autora y datos de contacto

## 6. PLAZO DE PRESENTACIÓN

El plazo de recepción de trabajos comenzará el **13 de agosto de 2026** y finalizará el **15 de septiembre de 2026** (ambas fechas inclusive).

## 7. JURADO

El jurado estará compuesto por personas designadas por la SEA, entre las que se incluirán especialistas en astronomía y fotografía científica. El fallo del jurado será inapelable.

## 8. CRITERIOS DE VALORACIÓN

Se valorarán, entre otros, los siguientes aspectos:

- Interés científico y divulgativo
- Calidad técnica
- Originalidad y composición
- Capacidad de transmitir el fenómeno astronómico

## 9. FOTOGRAFÍAS SELECCIONADAS Y PREMIOS

El jurado otorgará los siguientes premios:

### Primer premio

- Diploma acreditativo de la Sociedad Española de Astronomía.
- Trofeo SEA
- Publicación destacada de la fotografía en el boletín de la SEA.
- Inclusión preferente en la exposición fotográfica del eclipse solar 2026.
- Un premio económico de 300 €

### Dos accésits

- Diploma acreditativo de la Sociedad Española de Astronomía.
- Trofeo SEA
- Publicación en el boletín de la SEA.
- Inclusión en la exposición fotográfica.
- Un premio económico de 100 €

# ECLIPSE SOLAR - 12 DE AGOSTO DE 2026

## Menciones de honor

El jurado podrá conceder **menciones de honor** a otras fotografías que destaquen por su calidad técnica, valor científico o interés divulgativo. Estas imágenes podrán ser igualmente publicadas y/o formar parte de la exposición y recibirán el Diploma acreditativo de la Sociedad Española de Astronomía.

Todas las fotografías premiadas y seleccionadas serán difundidas siempre con indicación del nombre del autor o autora.

## 10. DERECHOS DE AUTOR Y USO DE LAS IMÁGENES

Los autores conservarán en todo momento la **propiedad intelectual de sus obras**.

No obstante, la participación en el concurso implica la **autorización expresa y gratuita a la Sociedad Española de Astronomía** para:

- Publicar las fotografías seleccionadas en su boletín, en su página web y en redes sociales institucionales.
- Utilizarlas con fines divulgativos y culturales.
- Reproducir las y exhibirlas en exposiciones organizadas por la SEA, indicando siempre el nombre del autor o autora.

Esta autorización no tiene carácter exclusivo y no limita el uso libre de las obras por parte de sus autores.

## 11. PROTECCIÓN DE DATOS

Los datos personales facilitados serán utilizados únicamente para la gestión del concurso, de acuerdo con la normativa vigente en materia de protección de datos.

## 12. ACEPTACIÓN DE LAS BASES

La participación en el concurso supone la aceptación total de las presentes bases y de las decisiones de la SEA en lo no previsto en ellas.

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA (SEA)**

Imagen de fondo: Eclipse del 2 de julio de 2019 observado desde el observatorio de La Silla en Chile. Créditos: ESO/P. Horalek

En esta sección de nuestro Boletín pretendemos mostrar la cara más social de los miembros de nuestra sociedad: entradas y salidas de comités, nombramiento de nuevos directores de centros, cambios de afiliaciones, jubilaciones, premios, etc. Si cuando acabéis de leer la sección pensáis "Podían haber hablado también de..." os pedimos que nos enviéis vuestra entrada para incluirla en el próximo número. Gracias.

## **LAURELS FOR TEAM ACHIEVEMENT AL GAIA DPAC**

La Academia Internacional de Astronáutica (IAA) ha otorgado sus Laurels for Team Achievement 2026 al Gaia Data Processing and Analysis Consortium (DPAC) por la excelencia, el impacto y la contribución excepcional del consorcio al avance de la ciencia. ¡Enhorabuena!

## **RELEVO DE GESTORES EN LA AGENCIA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN**

Este enero entraron nuestros colegas Belén Barreiro y David Barrado como gestores de los programas AYA de la AEI, sustituyendo a Enric Pallé y Miguel Ángel Aloy. Agradecemos a Enric y Miguel Ángel su dedicación y trabajo, y deseamos lo mejor a los nuevos gestores.

## **NUEVOS NOMBRAMIENTOS EN LA ESA**

A principios de año, nuestra compañera Eva Villaver pasó a formar parte del Space Science Advisory Committee (SSAC), el órgano asesor del Director de Ciencia de la ESA. Por otro lado, José Antonio Caballero se ha incorporado al Grupo de Trabajo en Astronomía de la ESA. ¡Enhorabuena a los dos!

## **ARRAKIHS APROBADO**

La Agencia Espacial Europea ha aprobado la misión ARRAKIHS liderada por España, dando inicio a su fase de desarrollo y construcción. Felicitamos calurosamente al equipo ARRAKIHS por el enorme logro.

## **PEPE CERNICHARO RECIBE EL GRADO DE PROFESOR AD HONOREM**

El Instituto de Física Fundamental del CSIC ha reconocido a Pepe Cernicharo por su importante trayectoria investigadora en el campo de la astrofísica molecular otorgándole el grado de Profesor *Ad Honorem*. ¡Muchas felicidades, Pepe!

## **ISABEL MÁRQUEZ NOMBRADA PRESIDENTA DE LA ALIANZA SOMMA**

La Alianza SOMMA, integrada por los 70 Centros de Excelencia Severo Ochoa y Unidades de Excelencia María de Maeztu, ha elegido a nuestra colega Isabel Márquez (IAA) como su nueva presidenta. ¡Enhorabuena y mucha suerte en este nuevo cargo!

## **PREMIO TERCER MILENIO AL UCC+I DEL CEFCA**

La Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+I) del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) ha recibido el premio Tercer Milenio en la categoría de Divulgación por su proyecto 'Más cerca del Sol'. ¡Felicidades!

## **NADEJDA BLAGORODNOVA, PREMIO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AL TALENTO JOVEN 2025**

La Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación ha otorgado a nuestra colega Nadejda Blagorodnova (ICCUB-IEEC) el Premio Nacional de Investigación al Talento Joven 2025 de esta fundación, *ex aequo* con la química Katherine Villa Gómez (ICIQ). ¡Felicidades, Nadejda!

## **IZASKUN JIMÉNEZ GANA EL PREMIO FRACE**

La astrofísica del CAB Izaskun Jiménez ha sido reconocida por Mastercard y la Fundación Real Academia de Ciencias de España con el Premio FRACE al Joven Talento Científico Femenino en la categoría de Física y Química y Ciencias Afines. ¡Enhorabuena, Izaskun!

## **ARTEMIO HERRERO DISTINGUIDO CON EL PREMIO INSTITUCIONAL A LA INVESTIGACIÓN**

La Universidad de La Laguna (ULL) ha otorgado *ex aequo* su XV Premio Institucional a la Investigación a nuestro colega Artemio Herrero (IAC) por su carrera como investigador y su contribución al fomento de vocaciones investigadoras. ¡Muchas felicidades, Artemio!

## **RAFAEL BACHILLER RECONOCIDO CON DIVERSOS PREMIOS**

Nuestro altamente galardonado compañero Rafael Bachiller (OAN) ha recibido durante este semestre el Premio Nacional de la Sociedad Geográfica Española (SGE) de 2026 y el Premio COSCE a la Difusión de la Ciencia en su categoría senior. En ambos casos, el jurado ha reconocido en particular su labor como comunicador científico. ¡Enhorabuena, Rafael!

## **RAFAEL LUQUE CONSIGUE EL PREMIO PRINCESA DE GIRONA**

El Premio Princesa de Girona, en su categoría de Investigación, ha recaído sobre nuestro colega Rafael Luque (IAA) por sus trabajos en ciencias planetarias y su labor de divulgación de la astronomía. ¡Muchas felicidades, Rafael!

## **FERNANDO BALLESTEROS, PREMIO COZZARELLI DE LA NAS**

Fernando Ballesteros, miembro del comité editorial de este boletín, ha sido reconocido por la Academia de Ciencias de Estados Unidos (NAS) con el premio Cozzarelli por su investigación multidisciplinar sobre el origen de la célula eucariota. ¡Felicidades, Fernando!

**ECOS DE L'UNIVERS VIOLENT**

Manel Perucho Pla

Ilustraciones: Clara Murgui Gálvez

ISBN: 978-84-1358-914-5

Editorial: Bromera

Los humanos, desde que levantamos los ojos al cielo, nos hemos preguntado recurrentemente qué hacemos aquí, qué es la vida y como ha surgido. Durante milenios la mitología ha construido las respuestas adecuadas a estas preguntas. Somos la creación de unas entidades mágicas que nos han situado en el centro del cosmos.

Sin embargo, con el espíritu crítico de los humanos, la ciencia ha contribuido a que hayamos ido abandonando a lo largo de la historia este privilegio divino y el hogar donde vivimos ha sido retirado a un rincón alejado de cualquier centro. Primero Copérnico separó la Tierra del centro del Sistema Solar, después Shapley alejó el Sol del centro galáctico, e incluso Hubble nos relegó a una galaxia cualquiera de entre 200 mil millones de estas.

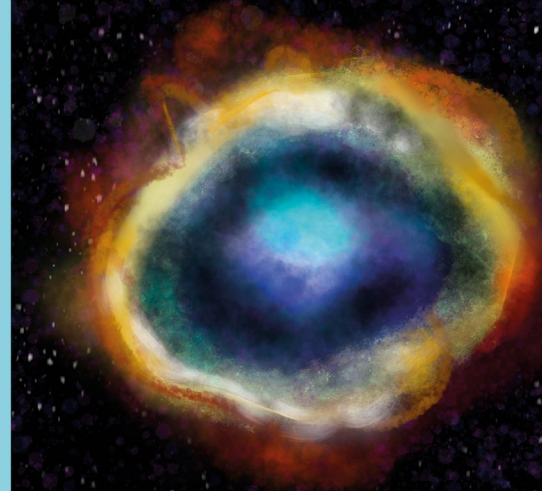
Por lo tanto, si este planeta es uno de muchos, ¿es posible que la vida sea normal por toda la Galaxia? O, por el contrario, ¿disfrutamos de alguna prerrogativa y estamos viviendo en el lugar espaciotemporal adecuado? Hasta ahora esta cuestión se ha estudiado solo desde el punto de vista biológico pero quizás la prerrogativa de nuestra existencia en la Tierra se tenga que estudiar también desde la astrofísica.

**ECOS DE L'UNIVERS VIOLENT**, finalista del Premio Europeo de Divulgación Científica Estudi General 2025, de Manel Perucho, trata con detalle los fenómenos más violentos del universo. Su investigación se centra en el estudio de fluidos relativistas en diferentes escenarios astrofísicos. Y entre estos escenarios se encuentran los chorros generados en núcleos activos de galaxias.

En los primeros capítulos del libro se repasan los últimos avances de lo que se conoce como universo violento. El Big Bang, las primeras estrellas que acabaron en gigantescas explosiones de supernovas, estrellas binarias de rayos X y gama, núcleos de galaxias activas, estrellas de neutrones, coalescencia de estrellas de neutrones, agujeros negros estelares o galácticos que bañan su entorno con flujos de radiación descomunales y chorros relativistas que barren el medio intergaláctico. Las ilustraciones de Clara Murgui, accesibles en color mediante código QR, contribuyen a una mejor comprensión de estos fascinantes procesos.

A lo largo del libro iremos descubriendo este universo fortuito, moralmente neutro e increíblemente violento, muy diferente a la porción del universo amable y previsible donde se sitúa nuestro hogar cósmico, el Sistema Solar.

¿Cómo se enlaza la pregunta primera con este universo destructivo? Parece que el universo funciona

**Ecos de l'univers violent**

Finalista  
Premi Europeu  
de Divulgació Científica  
Estudi General

como un ecosistema cósmico con componentes productores de energía y materiales que otros reciclan para producir nuevas estrellas, planetas y vida. Así que la vida necesita lugares tranquilos para desarrollarse y evolucionar y adquirió los ladrillos básicos justamente de los materiales producidos en estos escenarios violentos, de forma que se establece una gran contradicción muy apasionante entre destrucción y creación, entre violencia y biología.

Y después de miles de millones de años continuamos aquí porque hemos sido capaces de esquivar todos los posibles peligros cósmicos que han podido descarrilar la evolución biológica. Aun así, esta paz cósmica no está libre de peligros. Además de asteroides asesinos, las explosiones de supernova, emisiones de rayos gama y X demasiado cercanas podrían echar a perder la atmósfera terrestre como parece que pasó en la extinción del Ordovícico (485-440 Ma). La vida en el universo siempre pende de un hilo.

Cuando acabamos el libro, siguiendo las reflexiones de Manel, podemos pensar que la paz que quizás sentimos es el resultado de procesos destructivos que han permitido en algún punto del espacio-tiempo posterior que las cosas sean cómo son. Y en este punto recuerdo Match Point, cuando Chris Wilton, reconoce la importancia de la suerte en la vida, (y en el origen de la vida, añadido yo): «nos da miedo reconocer que la suerte tiene un papel importante. Quiero decir que los científicos cada día confirman cada vez más que la existencia es obra de la casualidad ciega. Sin propósito, sin un diseño» Pues de esto va el libro.

Enric Marco  
Departament d'Astronomia i Astrofísica  
Universitat de València

## Formación de asteroides binarios mediante eventos súbitos de aceleración rotacional

Autoría: Po-Yen Liu (po-yen.liu@ua.es)

Tesis doctoral dirigida por: Adriano Campo

Bagatin y Paula Gabriela Benavidez Lozano

Centro: Universidad de Alicante

Fecha de lectura: 12 de noviembre de 2025

Los asteroides binarios constituyen una fracción significativa de la población de pequeños cuerpos del Sistema Solar. En particular, entre los asteroides cercanos a la Tierra se observa que una proporción notable de rotadores rápidos presenta satélites, lo que sugiere una relación directa entre el estado rotacional de un asteroide y la formación de sistemas binarios. El marco teórico más aceptado atribuye este proceso al efecto YORP (Yarkovsky–O’Keefe–Radzievskii–Paddack), un torque radiativo que puede acelerar gradualmente la rotación de un asteroide hasta alcanzar el límite de fisión rotacional. Sin embargo, este mecanismo presenta varias limitaciones físicas. En primer lugar, es altamente sensible a la forma del cuerpo, ya que pueden producirse deformaciones globales significativas cuando el asteroide se aproxima, pero aún no ha alcanzado, el límite de estabilidad rotacional. Además, existe un efecto de autolimitación asociado al inicio de la pérdida de masa: debido a la conservación del momento angular, la velocidad de rotación del primario disminuye inmediatamente tras comenzar la eyección de material, alejando al sistema del estado crítico. Como consecuencia, resulta difícil mantener un flujo continuo de material capaz de generar un entorno circumasteroidal suficientemente denso como para formar un satélite estable.

Esta tesis doctoral explora un escenario alternativo para la formación de asteroides binarios basado en aceleraciones rotacionales súbitas, producidas por eventos impulsivos como impactos subcatastróficos o encuentros de marea. El objetivo principal del trabajo es investigar si este tipo de eventos puede llevar a un asteroide tipo *rubble-pile* directamente a un estado supercrítico de rotación capaz de desencadenar fisión rotacional y, posteriormente, la formación de un satélite.

Para abordar este problema se desarrolló un enfoque numérico que combina simulaciones dinámicas detalladas con un marco estadístico de evolución colisional. En primer lugar, se construyeron modelos realistas de agregados gravitacionales utilizando PKDGRAV (*Parallel K-D tree GRAvity code*), un código N-cuerpos ampliamente utilizado para el estudio de la dinámica de pequeños cuerpos, en combinación con su implementación del método de elementos discretos suaves (*Soft-Sphere Discrete Element Method*, SSDEM). Este esquema permite modelar explícitamente las interacciones de contacto entre los componentes del agregado, incluyendo fuerzas normales y tangenciales, fricción y disipación de energía durante las colisiones,

lo que resulta esencial para reproducir de forma realista el comportamiento mecánico de asteroides tipo *rubble-pile*. Con el fin de generar estructuras internas más realistas que las obtenidas mediante empaquetamientos de esferas ideales, se desarrolló el algoritmo SHEXSSPY (*Shattering Experiments to Synthetic Shapes through Photogrammetry*). Este método utiliza fragmentos reales obtenidos en experimentos de impacto de alta velocidad sobre objetivos de basalto realizados en el *NASA Ames Vertical Gun Range*. Las formas de estos fragmentos se reconstruyen mediante fotogrametría y se utilizan como bloques constituyentes de agregados gravitacionales sintéticos.

A partir de estos agregados se realizaron experimentos numéricos en los que el cuerpo progenitor experimenta un incremento súbito de momento angular que lo lleva más allá del límite de estabilidad rotacional. Las simulaciones muestran que este proceso genera una eyección rápida de material desde la región ecuatorial, formando un entorno denso de fragmentos gravitacionalmente ligados. En escalas temporales de decenas de horas, las colisiones inelásticas y la autogravedad permiten la reacumulación de este material en uno o más embriones satelitales. Las interacciones gravitatorias posteriores conducen típicamente a estados triples transitorios y finalmente a la supervivencia de un único secundario en una órbita compacta.

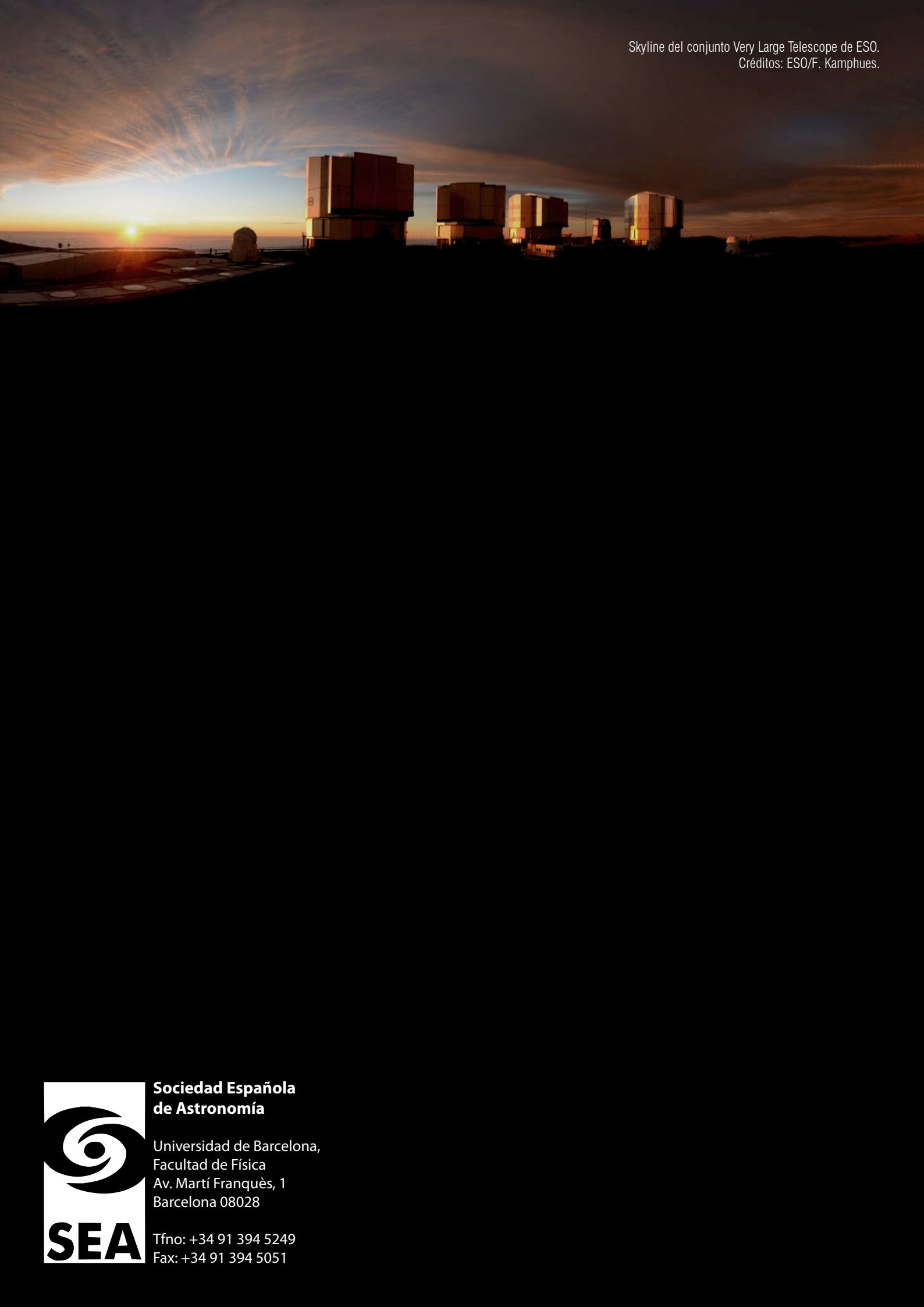
Los resultados obtenidos reproducen propiedades observadas en sistemas binarios de asteroides pequeños, como separaciones orbitales de unas pocas veces el radio del primario y relaciones de tamaño entre satélite y primario comparables a las observadas. Además, las simulaciones muestran que los secundarios pueden presentar morfologías bilobuladas o de tipo binario de contacto, similares a algunos objetos observados en el Sistema Solar, como el satélite Selam del sistema binario del asteroide (152830) Dinkinesh, observado recientemente por la misión Lucy.

Para evaluar la plausibilidad de este mecanismo en entornos realistas, se desarrolló además un modelo Monte Carlo denominado *Impact-Induced Asteroid Spin Alteration* (IIASA), que simula la evolución rotacional de asteroides en el cinturón principal bajo la acción de impactos. Este modelo permite estimar la probabilidad de que un asteroide experimente eventos de aceleración angular capaces de desencadenar fisión rotacional. Los resultados indican que impactos subcatastróficos tardíos en la historia colisional de un objeto pueden proporcionar incrementos de momento angular suficientes para producir episodios supercríticos de rotación.

En conjunto, los resultados de esta tesis sugieren que la aceleración rotacional impulsiva constituye un mecanismo natural y eficiente para la formación de asteroides binarios, complementario al escenario clásico dominado por el efecto YORP. Este marco proporciona además predicciones observacionales sobre la estructura interna de los satélites, su morfología y la procedencia del material que los compone, aspectos que podrán ser contrastados con futuras observaciones astronómicas y misiones espaciales dedicadas al estudio de sistemas binarios de asteroides.

Tesis disponible en <https://drive.google.com/file/d/1J8hBQ-T1U1MGzqBveC4mMBNEmplYRJPm/view?usp=sharing>





**Sociedad Española  
de Astronomía**

Universidad de Barcelona,  
Facultad de Física  
Av. Martí Franquès, 1  
Barcelona 08028

Tfno: +34 91 394 5249  
Fax: +34 91 394 5051