

# UNIVERSO

Revista bimestral de información científica y técnica \* Número de mayo-junio 2021

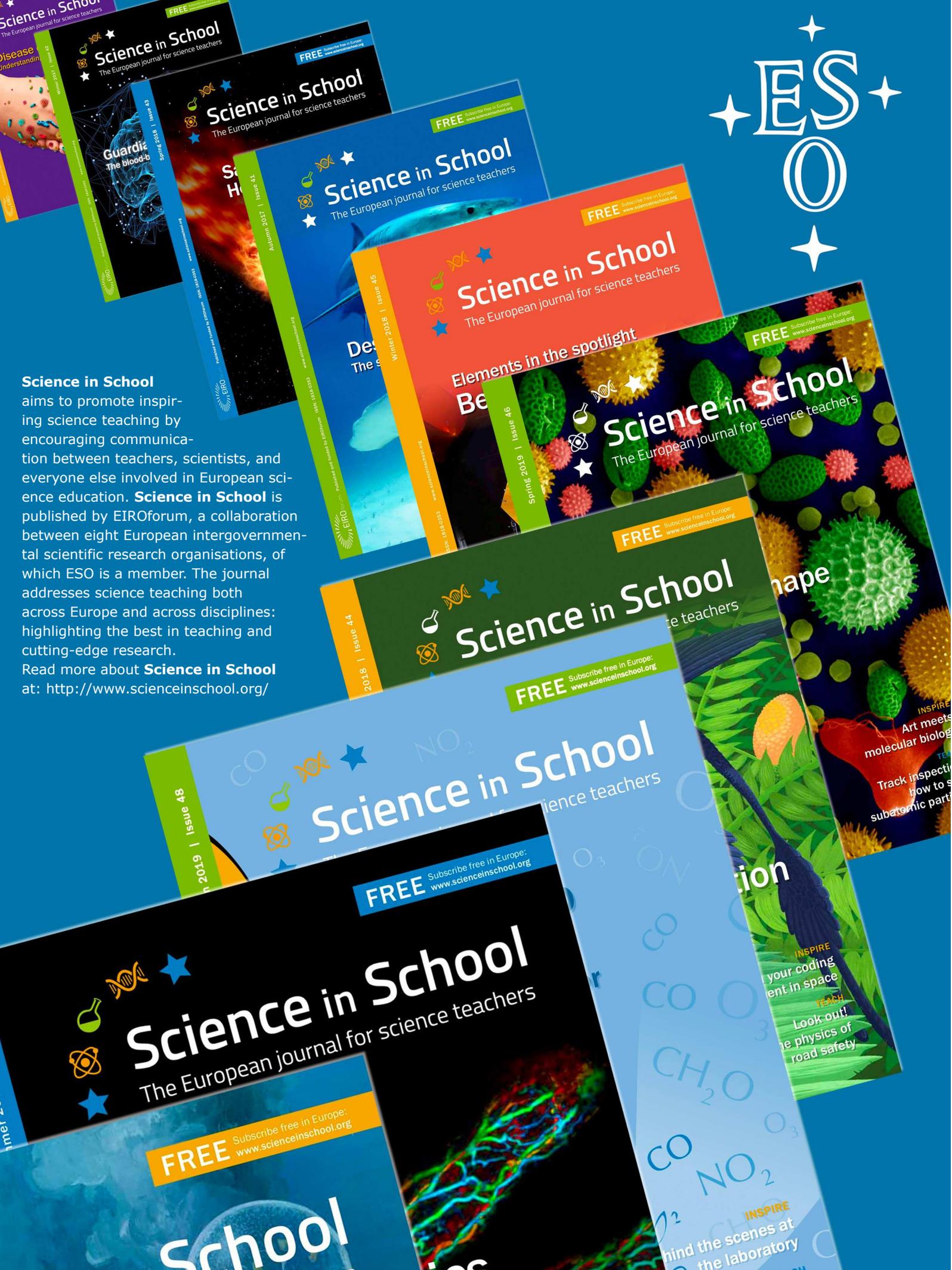
## El primer vuelo del Ingenuity

**Primera imagen de los campos magnéticos alrededor del agujero negro M87\***

**Confirmado el objeto conocido más distante del Sistema Solar**



- El primer agujero negro supermasivo y cuásar del universo
- Formación de nueva atmósfera en un exoplaneta rocoso
- Alumbrando las investigaciones sobre energía oscura
- Cómo medir el jet relativista de M87
- Sistema con seis exoplanetas desafía las teorías de la formación planetaria



ES  
O

**Science in School** aims to promote inspiring science teaching by encouraging communication between teachers, scientists, and everyone else involved in European science education. **Science in School** is published by EIROforum, a collaboration between eight European intergovernmental scientific research organisations, of which ESO is a member. The journal addresses science teaching both across Europe and across disciplines: highlighting the best in teaching and cutting-edge research. Read more about **Science in School** at: <http://www.scienceinschool.org/>

**Science in School**  
The European journal for science teachers

FREE Subscribe free in Europe:  
[www.scienceinschool.org](http://www.scienceinschool.org)

INSPIRE Art meets molecular biology

TEACH Track inspecting how to subatomic part

INSPIRE your coding tent in space  
TEACH Look out! the physics of road safety

INSPIRE mind the scenes at the laboratory

# UNIVERSO

REVISTA BIMESTRAL DE INFORMACIÓN  
CIENTÍFICA Y TÉCNICA DISPONIBLE  
GRATUITAMENTE A TRAVÉS DE INTERNET

Mayo-Junio 2021



Versión española de la revista

## ASTROFILO

**Editor en jefe**  
Michele Ferrara

**Asesor científico**  
Prof. Enrico Maria Corsini

**Editora**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106  
25049 Iseo - BS - ITALY  
email info@astropublishing.com

**Proveedor de servicios de internet**  
Aruba S.p.A.  
Via San Clemente, 53  
24036 Ponte San Pietro - BG - ITALY

**Derechos de autor**  
Todo el material de esta revista es, a no ser que se establezca lo contrario, propiedad de Astro Publishing di Pirlo L. o incluido con permiso de su autor. La reproducción o retransmisión de los materiales, en su totalidad o en parte, de cualquier manera, sin el previo consentimiento por escrito del propietario de los derechos de autor, es una violación de la ley de derechos de autor. Puede hacerse una copia a través de este proceso solamente para uso personal, no comercial. Los usuarios no pueden distribuir esas copias a otros, sea o no de forma electrónica, sea o no retribuido, sin el previo consentimiento por escrito del propietario de los derechos de autor de los materiales. El editor está disponible para la obtención de los derechos de fuentes iconográficas no especificadas.

**Publicidad - Administración**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106  
25049 Iseo - BS - ITALY  
email admin@astropublishing.com

4

*El primer vuelo del Ingenuity*

12

*Primera imagen de los campos magnéticos alrededor del agujero negro M87\**

16

*El primer agujero negro supermasivo y cuásar del universo*

20

*Formación de nueva atmósfera en un exoplaneta rocoso*

24

*Una galaxia distante muere mientras los astrónomos observan*

26

*Alumbrando las investigaciones sobre energía oscura*

30

*Cómo medir el jet relativista de M87*

36

*Descubierto el cuásar más distante con potente emisión de chorros de radio*

38

*El Hubble caracteriza una explosión de supernova*

42

*Sistema con seis exoplanetas desafía las teorías de la formación planetaria*

46

*Se dobla la cantidad de lentes gravitacionales conocidas*

50

*Confirmado el objeto conocido más distante del Sistema Solar*

# El primer vuelo del Ingenuity

por *Damian G. Allis*  
NASA Solar System Ambassador

traducido por *Marcelino Álvarez Villarroya*

**D**urante 39 segundos el pasado 19 de abril, el helicóptero Ingenuity de la misión Mars 2020 realizó la primera demostración de vuelo controlado y motorizado en otro planeta, incluido un vuelo estacionario de 30 segundos a tres metros por encima de donde el rover Perseverance lo había desplegado el 3 de abril. Esta primera demostración, registrada tanto por Ingenuity como por Perseverance, es el primer paso para cambiar drás-

ticamente la forma en que exploramos el planeta rojo y más allá. El vuelo del hombre tiene una larga historia aquí en la Tierra. Una pintura rupestre en la isla de Muna en Indonesia que se remonta al menos al 9000 a.C. representa un *kaghati*, una cometa cuyo diseño todavía se usa hoy en día en las comunidades de la isla. El vuelo humano también tiene una historia larga, aunque esporádica, con el registro de un vuelo sujeto a una cometa que se remonta

**A**l fondo, un fotograma del primer video del helicóptero Ingenuity en vuelo. [NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS]

a hace casi dos milenios en China, y el primer vuelo humano en globo aerostático registrado el 19 de octubre de 1783 en París. El salto del vuelo simple al vuelo controlado y motorizado comenzó el 17 de diciembre de 1903 en las afueras de Kitty Hawk, Carolina del



**E**sta animación muestra cada paso del helicóptero Ingenuity desplegándose desde el vientre del rover Perseverance el 26 de marzo al 3 de abril de 2021. La imagen final muestra el helicóptero en tierra después de que el rover se alejara unos 4 metros. [NASA/JPL-Caltech]

**L**as palas de fibra de carbono del helicóptero Ingenuity se pueden ver en este video tomado por el instrumento Mastcam-Z a bordo del rover Perseverance el 8 de abril de 2021, el 48° día marciano, o sol, de la misión. Las cuatro palas están dispuestas en dos rotores contrarrotantes de 1,2 metros de largo que pueden girar a aproximadamente 2400 rpm. El video muestra las palas realizando una prueba de movimiento antes del giro real para asegurarse de que funcionaban correctamente. [NASA/JPL-Caltech/ASU]

**E**l helicóptero Ingenuity realiza una prueba de giro lento de sus palas el 8 de abril de 2021, el día 48 marciano, o sol, de la misión. Esta imagen fue capturada por el Mastcam-Z en el rover Perseverance. [NASA/JPL-Caltech/ASU]



**L**os miembros del equipo del helicóptero Ingenuity en la Space Flight Operations Facility en el Jet Propulsion Laboratory de la NASA se preparan para recibir los datos que muestran si el helicóptero completó su primer vuelo el 19 de abril de 2021. [NASA/JPL-Caltech]

Norte, con el vuelo de 12 segundos del Wright Flyer de Orville Wright. Con esta primera demostración y vuelos adicionales tanto de Orville como de Wilbur Wright, la fuerza del viento, o la falta de él, ya no era

**I**n este video capturado por el rover Perseverance, el helicóptero Ingenuity realiza el primer vuelo controlado y con motor en otro planeta el 19 de abril de 2021. [NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS]

el factor que determinaba a dónde podía ir un vehículo. Avanzamos rápidamente hasta 2021, cuando son asequibles y comunes los drones controlados a distancia con

cámaras de alta definición incorporadas y baterías capaces de soportar 30 minutos o más de vuelo. El helicóptero Ingenuity extiende las capacidades de los drones de la Tierra a

**E**l helicóptero Ingenuity logra por primera vez un vuelo controlado y con motor en otro planeta, flotando durante varios segundos antes de aterrizar. La imagen fue tomada por la cámara de navegación izquierda, o Navcam, a bordo del rover Perseverance desde una distancia de 64 metros. [NASA/JPL-Caltech]

Marte y a cualquier otro planeta que tenga una atmósfera lo suficientemente densa.

Para Ingenuity, el éxito en el funcionamiento requiere un delicado equilibrio de peso, tamaño de la batería, calefacción interna y diseño de la hélice para funcionar a una presión atmosférica superficial inferior al 1% que la de la Tierra y para sobrevivir a temperaturas tan bajas como  $-90^{\circ}\text{C}$ .

El aterrizaje de Perseverance y la Misión Marte 2020 se trataron en detalle en la edición de marzo-abril de esta revista. Dijimos entonces que un vehículo aéreo en Marte sería la solución a los muchos problemas que

han complicado nuestra exploración del planeta rojo, proporcionando la misma solución en Marte que se ha utilizado aquí en la Tierra durante siglos. La planificación de los viajes de los rovers marcianos se consigue ya



**L**os miembros del equipo del helicóptero Ingenuity en la Space Flight Operations Facility en el Jet Propulsion Laboratory de la NASA reaccionan a los datos que muestran que el helicóptero completó su primer vuelo el 19 de abril de 2021. [NASA/JPL-Caltech]

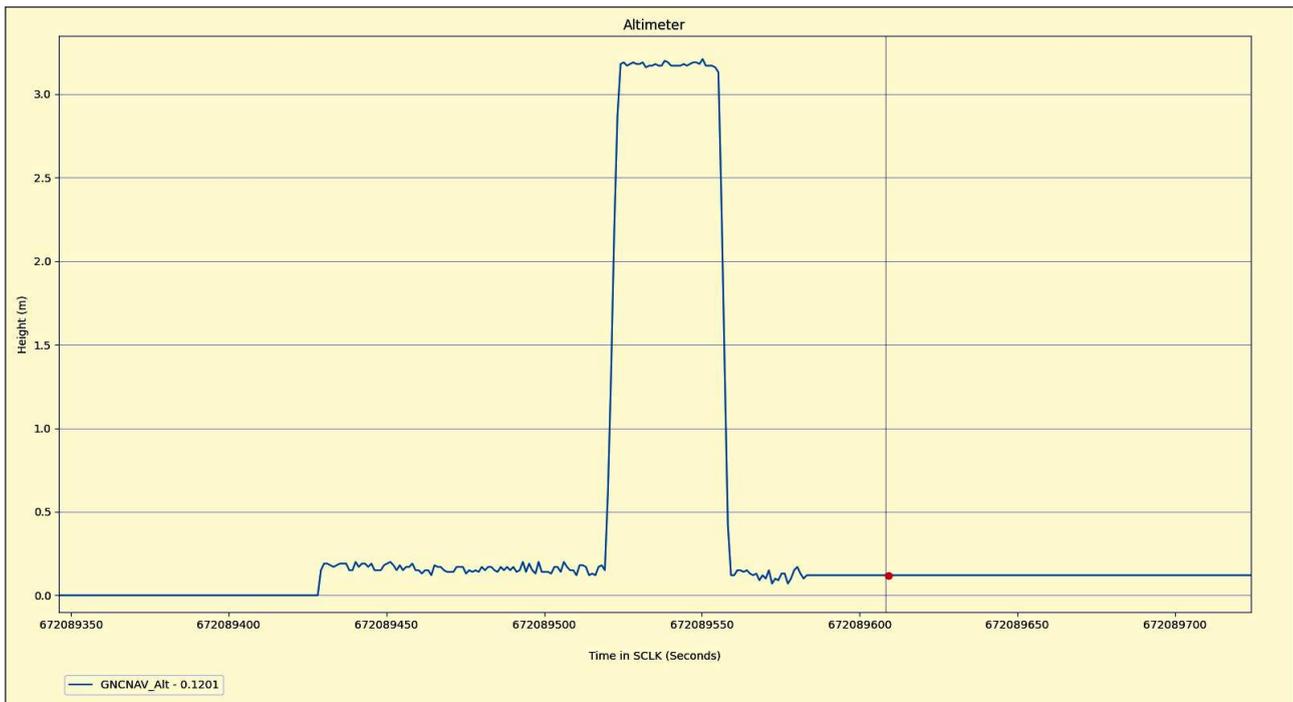
sea por especialistas que reciben datos sobre el entorno local y programan el siguiente conjunto de coordenadas de conducción, o por los rovers que tienen la capacidad de analizar y ajustar rumbos y distancias de forma casi autónoma. En ambos casos, esta planificación

**E**l helicóptero Ingenuity puede verse aquí despegando, flotando y luego aterrizando en la superficie marciana el 19 de abril de 2021. El generador de imágenes Mastcam-Z a bordo del rover Perseverance grabó el video del vuelo del helicóptero. El video se presenta aquí en formato en paralelo que ha sido mejorado para mostrar una columna de polvo arremolinándose durante el despegue y nuevamente al aterrizar. La vista de la izquierda utiliza el filtrado de movimiento para mostrar dónde se detectó el polvo durante el despegue y el aterrizaje y la vista de la derecha se mejora con el filtrado de movimiento. Los científicos utilizan este procesamiento de imágenes para detectar remolinos de polvo a su paso por los rovers de Marte. Una versión adicional del video incluye un temporizador de cuenta atrás hasta el despegue y luego cuenta hacia adelante hasta el aterrizaje. Un "recorte" fantasmal del helicóptero se ve en cada formato en paralelo; es un artefacto relacionado con el procesamiento digital. [NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS/SSI]

solo puede ser preparada hasta donde pueden ver las cámaras a bordo. La combinación de velocidad lenta, la necesidad de planificar el camino a seguir desde un alcance visual limitado y la gran cantidad de mediciones y recopilaciones que se estaban realizando fueron las razones que contribuyeron a explicar porqué el rover Opportunity, durante 14 años

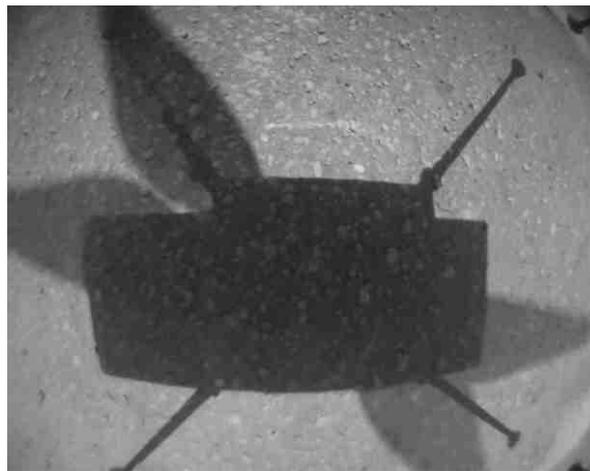
de operación, solo viajó 45 km desde su lugar de aterrizaje. A una velocidad máxima de 10 m/s, la capacidad de Ingenuity para identificar todo el viaje del Opportunity y re-

**E**ste gráfico del altímetro muestra los datos del primer vuelo del helicóptero Ingenuity, que ocurrió el 19 de abril de 2021. [NASA/JPL-Caltech]





**E**l helicóptero Ingenuity tomó esta foto mientras flotaba sobre la superficie marciana el 19 de abril de 2021, durante la primera instancia de vuelo controlado y con motor en otro planeta. Usó su cámara de navegación, que rastrea de forma autónoma el suelo durante el vuelo. En el lateral, una ampliación que resalta detalles del suelo marciano debajo de la sombra. [NASA/JPL-Caltech]



gresar a la posición inicial del rover en menos de tres horas estaría limitada solo por la potencia necesaria a bordo para completar el viaje en un solo vuelo. Con un dron se puede reunir una considerable cantidad de información visual entre las tomas de corto alcance de las cámaras del rover y los estudios de escaneo del planeta del Mars Reconnaissance Orbiter, mejorando en gran medida tanto los algoritmos de selección de ruta interna de los rovers autónomos como la capacidad de los mismos para hacer descubrimientos y análisis mucho más significativos de manera mucho más eficiente. Las próximas misiones de rover pue-

den beneficiarse enormemente de los drones asociados más allá de las mejores imágenes y la planificación de la ruta. Los drones proporcionan un medio para agrupar rápidamente las colecciones de muestras en una ubicación común para su análisis o, eventualmente, enviarlas a la Tierra para su estudio. Los diseños capaces de soportar más peso también pueden albergar equipos espectroscópicos para estudiar previamente las áreas antes de la llegada del rover.

Los drones también brindan acceso a lugares a los que los rovers simplemente no pueden ir todavía: capas sedimentarias en acantilados altos, las paredes de los cráteres de impacto antiguos o acantilados tallados por el agua que podrían ocultar los restos de ecosistemas antiguos.

Como muchos vuelos, esta primera demostración no se hizo sin contratiempos. La prueba inicial de giro a poca velocidad después del despliegue el 8 de abril fue un éxito, pero otra prueba de giro rápido el 9 de abril fue interrumpida por un temporizador de vigilancia de detección de fallos. Con una actualización de software enviada el 12 de abril, otra prueba de giro rápido el 17 allanó el camino para el histórico despegue del 19. El cuidado y la preocupación en las pruebas anteriores al primer vuelo son necesarios por razones obvias: cualquier despegue fallido o aterrizaje brusco en Marte requeriría de delicados movimientos de reorientación por parte de un rover mal equipado para un control tan fino o, la intervención humana en forma de recuperación de drones más cara de la historia.

Parafraseando a otro famoso primero, el primer vuelo de Ingenuity fue *"un pequeño vuelo para (un) helicóptero, un vuelo gigante para viajes aéreos de Marte"*. Y, por segunda vez durante la misión Mars 2020, el discurso de contingencia escrito para el fracaso de la misión se rompió durante la transmisión de video en vivo. Esta vez, fue el gerente de proyectos de JPL, MiMi Aung, quien exclamó: *«¡Ahora podemos decir que la humanidad ha hecho volar un helicóptero en otro planeta!»* ■

# NORTEL

## RAPIDO 450

### TELESCOPIO NEWTONIANO ALTACIMUTAL

- óptica SCHOTT Supremax 33
- diámetro óptico 460 mm
- diámetro útil 450 mm
- relación focal f/4
- espesor espejo primario 35 mm
- eje menor espejo secundario 100 mm
- celda con sistema de enfriamiento axial
- eliminación de la capa límite en la superficie del espejo
- entramado de carbono con acoplamientos cónicos autocentrantes
- soportes laterales (6) diseñados para instrumentos altacimutales
- cero deformaciones



El NortheK Rapido 450 está diseñado para poder ser desmontado y transportado fácilmente en un coche pequeño. Cada componente está equipado con su propia caja de madera. El elemento principal pesa 27 kg. Dispositivos mecánicos especializados y la fabricación precisa de cada componente hacen posible colimar la óptica con extrema facilidad y mantenerla durante la sesión de observación, eliminando cualquier torsión y flexión, independientemente del peso de los accesorios utilizados.

La óptica muy delgada permite una aclimatación rápida y garantiza la estabilidad térmica durante toda la noche. Dos barras equipadas con pesas deslizantes permiten el equilibrio perfecto de la estructura. Bajo pedido, es posible diseñar el soporte para equipar el telescopio con una plataforma ecuatorial. Aluminio, carbono y acero son los componentes de este instrumento, perfectamente aplicados de acuerdo con estrictos estándares mecánicos. Es, sin duda, el mejor newtoniano altacimutal del mercado.

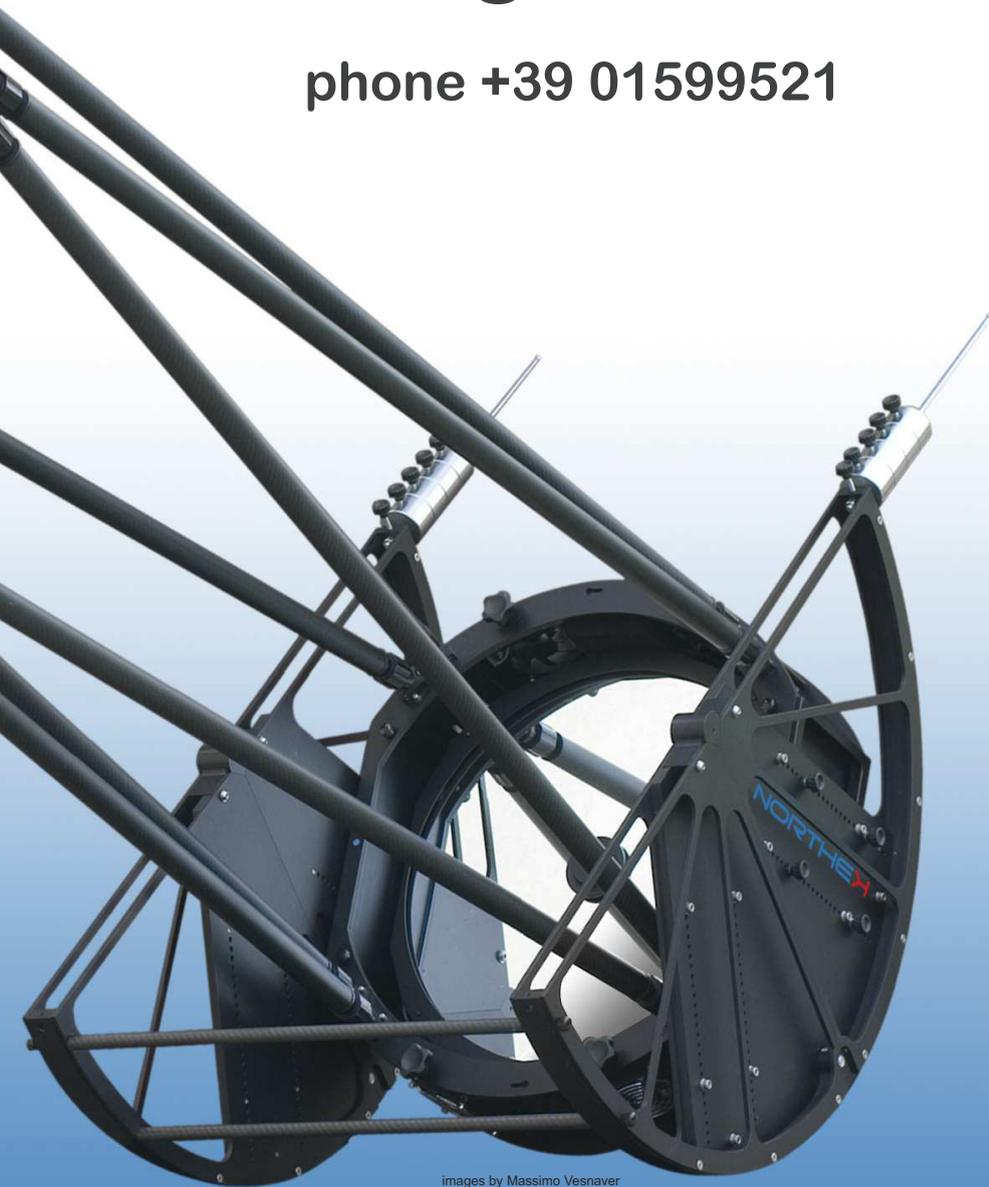
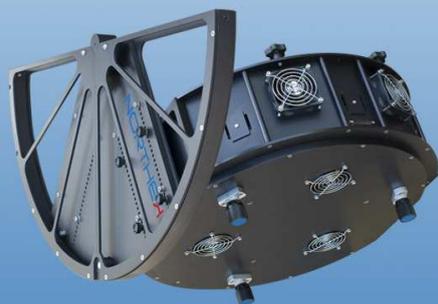
# NORTEK

[www.northeek.it](http://www.northeek.it)

[www.facebook.com/northeek.it](http://www.facebook.com/northeek.it)

[info@northeek.it](mailto:info@northeek.it)

phone +39 01599521



images by Massimo Vesnaver

M P O S I T E S - O P T I C S

# Primera imagen de los campos magnéticos alrededor del agujero negro M87\*

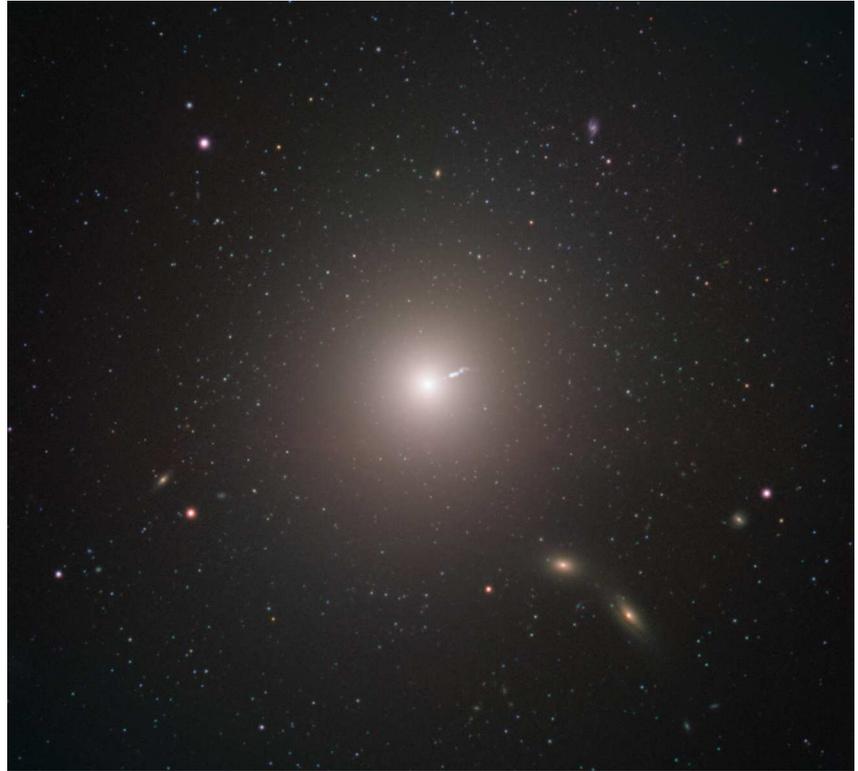
por ESO - José Miguel Mas Hesse

La colaboración EHT (Event Horizon Telescope, telescopio del horizonte de sucesos), que produjo la primera imagen de un agujero negro, ha revelado cómo se ve con luz polarizada el enorme objeto que hay en el centro de la galaxia Messier 87 (M87). Es la primera vez que los astrónomos son capaces de medir la polarización (una huella

que dejan los campos magnéticos) tan cerca del borde de un agujero negro. Las observaciones son clave para explicar cómo la galaxia M87, situada a 55 millones de años luz de distancia, es capaz de lanzar chorros energéticos desde su núcleo.

«Lo que vemos es la siguiente evidencia crucial para entender cómo se comportan los campos magnéti-

cos alrededor de los agujeros negros, y cómo la actividad en esta región muy compacta del espacio puede generar potentes chorros que se extienden mucho más allá de la galaxia», afirma Monika Mościbrodzka, Coordinadora del Grupo de Trabajo de Polarimetría del EHT y Profesora Adjunta en la Universidad Radboud (Países Bajos).



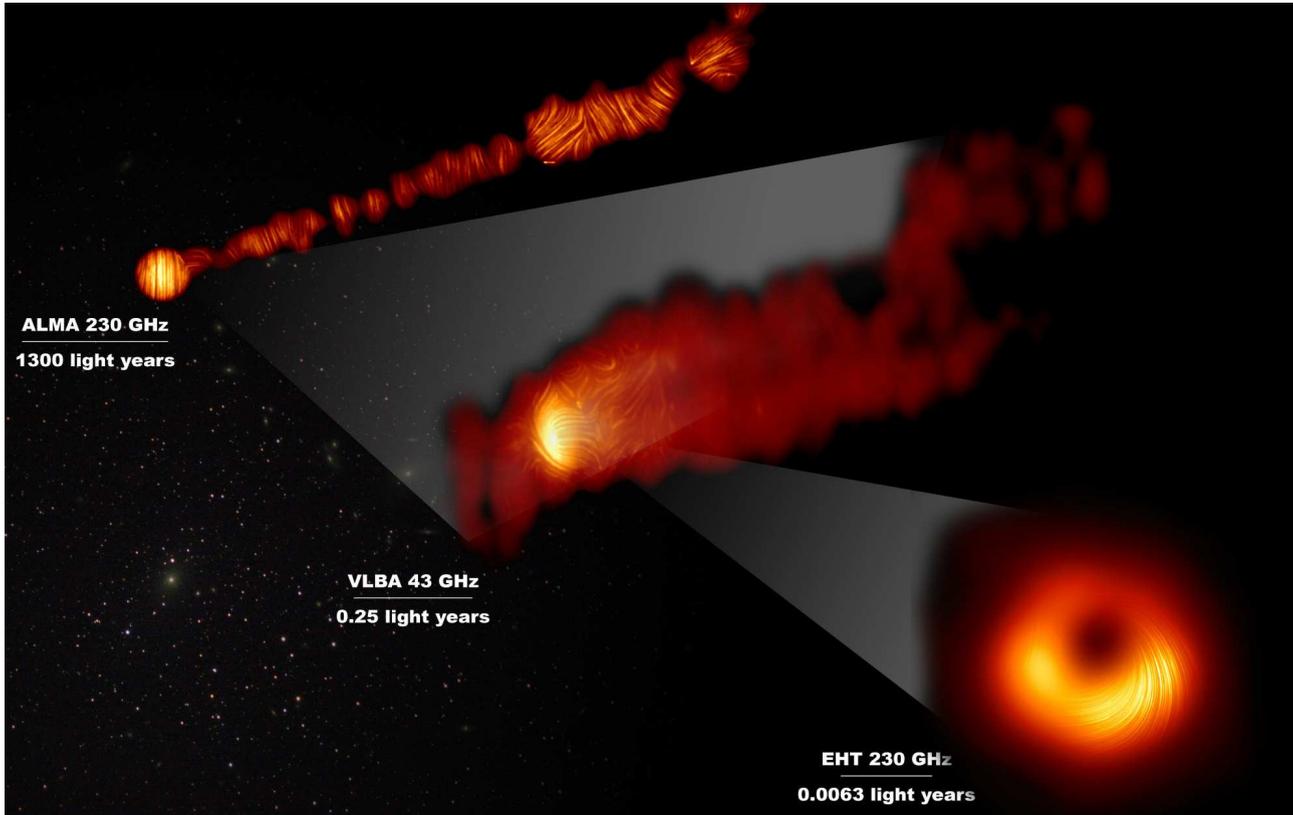
El 10 de abril de 2019, un equipo de científicos publicó la primera imagen de un agujero negro, revelando una estructura brillante similar a un anillo con una región central oscura: la sombra del agujero negro. Desde entonces, la colaboración EHT ha profundizado en los datos recopilados en 2017 sobre el objeto supermasivo que se encuentra en el corazón de la galaxia M87. Han descubierto que una fracción significativa de la luz que hay alrededor del agujero negro M87 está polarizada. «Este trabajo es un hito importante: la polarización de la luz lleva información que nos permite entender mejor la física que hay detrás de la imagen que vimos en abril de 2019, algo que antes no era posible», explica Iván Martí-Vidal, también coordinador del Grupo de Trabajo de Polarimetría del EHT e Investigador Distinguido GenT en la Universidad de Valencia (España). Añade que:

**M**essier 87 (M87) es una enorme galaxia elíptica situada a unos 55 millones de años luz de la Tierra, visible en la constelación de Virgo. Con el doble de la masa de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, y con diez veces más estrellas, es una de las galaxias más grandes del universo local. [ESO]

«La presentación de esta nueva imagen de luz polarizada requirió años de trabajo debido a las complejas técnicas implicadas en la obtención y análisis de los datos».

La luz se polariza cuando pasa por ciertos filtros, como las lentes de las gafas de sol polarizadas, o cuando se emite en regiones calientes del espacio donde hay campos magnéticos. Del mismo modo en que las gafas de sol polarizadas nos ayudan a ver mejor reduciendo los reflejos y el deslumbramiento que provocan las superficies brillantes, los astrónomos

**E**sta imagen muestra la vista polarizada del agujero negro de M87. Las líneas marcan la orientación de la polarización, que está relacionada con el campo magnético que hay alrededor de la sombra del agujero negro. [EHT Collaboration]



**E**sta composición muestra tres vistas de la región central de la galaxia Messier 87 (M87) en luz polarizada. La galaxia tiene un agujero negro supermasivo en su centro y es famosa por sus chorros, que se extienden mucho más allá de la galaxia. Una de las imágenes de luz polarizada, obtenida con el conjunto de antenas ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), instalado en Chile, y del que ESO es socio, muestra parte del chorro en luz polarizada. Esta imagen capta la parte del chorro, con un tamaño de 6000 años luz, que está más cerca del centro de la galaxia. Las otras imágenes en luz polarizada se acercan al agujero negro supermasivo: la vista central cubre una región de aproximadamente un año luz de tamaño y se obtuvo con el VLBA (Very Long Baseline Array) del Observatorio Nacional de Radioastronomía, en los Estados Unidos. La vista más ampliada se obtuvo mediante la vinculación de ocho telescopios de todo el mundo para crear un telescopio virtual del tamaño de la Tierra, el EHT (Event Horizon Telescope, Telescopio de Horizonte de Sucesos). Esto permite a los astrónomos ver la zona que está muy cerca del agujero negro supermasivo, en la región donde se lanzan los chorros. Las líneas marcan la orientación de la polarización, que está relacionada con el campo magnético en las regiones que vemos en la imagen. Los datos de ALMA proporcionan una descripción de la estructura del campo magnético a lo largo del chorro. Por lo tanto, la información combinada del EHT y ALMA permite a los astrónomos investigar el papel de los campos magnéticos desde las proximidades del horizonte de sucesos (como ha demostrado el EHT en escalas de día luz) mucho más allá de la galaxia M87 a lo largo de sus potentes chorros (como se ha visto con ALMA en escalas de miles de años luz). Los valores en GHz se refieren a las frecuencias de luz en las que se realizaron las diferentes observaciones. Las líneas horizontales muestran la escala (en años luz) de cada una de las imágenes individuales. [EHT Collaboration; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Goddi et al.; VLBA (NRAO), Kravchenko et al.; J. C. Algaba, I. Martí-Vidal]

pueden obtener una visión más precisa de la región que hay alrededor del agujero negro estudiando cómo se polariza la luz que se origina en ella. En concreto, la polarización permite a los astrónomos mapear las lí-

neas de campo magnético presentes en el borde interior del agujero negro. Según Andrew Chael, miembro de la colaboración EHT e Investigador Fellow NASA Hubble en el Centro para Ciencias Teóricas de Princeton y

la Iniciativa Gravity de Princeton (EE.UU.): «Las imágenes polarizadas recién publicadas son clave para entender cómo el campo magnético permite que el agujero negro 'coma' materia y lance potentes chorros».

Los brillantes chorros de energía y materia que emergen del núcleo de M87 se extienden al menos 5000 años luz desde su centro, son una de las características más misteriosas y energéticas de la galaxia. La mayoría de la materia que hay cerca del borde de un agujero negro acaba precipitándose en él. Sin embargo, algunas de las partículas circundantes escapan momentos antes de la captura y son lanzadas al espacio a grandes distancias en forma de chorros.

Los astrónomos se han basado en diferentes modelos de cómo se comporta la materia cerca de este agujero negro para entender mejor el proceso. Pero todavía no saben exactamente cómo se lanzan chorros más grandes que la propia galaxia desde su región central (comparable en tamaño al Sistema Solar), ni cómo cae la materia en el agujero negro. Con la nueva imagen obtenida por el EHT del agujero negro y su sombra en luz polarizada, los astrónomos han podido estudiar por primera vez la región que hay justo fuera del agujero negro, donde tiene lugar esta interacción entre la materia que fluye y la que es expulsada.

Las observaciones proporcionan nueva información sobre la estructura de los campos magnéticos que hay justo fuera del agujero negro. El equipo vio que, para explicar lo que están viendo en el horizonte de sucesos, solo encajaban los modelos teóricos que incluían gas fuertemente magnetizado.

«Las observaciones sugieren que los campos magnéticos del borde del agujero negro son lo suficientemente fuertes como para tirar del gas caliente, haciendo que resista la atrac-

**E**ste video resume el descubrimiento realizado por el equipo de Event Horizon Telescope (EHT) collaboration. [ESO]

*ción gravitatoria. Sólo el gas que se desliza a través del campo puede entrar en espiral hacia el horizonte de sucesos»,* explica Jason Dexter, Profesor Adjunto de la Universidad de Colorado Boulder (EE.UU.) y coordinador del Grupo de Trabajo de Teoría del EHT.

Para observar el corazón de la galaxia M87, la colaboración vinculó ocho telescopios de todo el mundo, entre ellos ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), con sede en el norte de Chile, y APEX (Atacama Pathfinder Experiment), de los que ESO (Observatorio Europeo Austral) es socio, para crear un telescopio virtual del tamaño de la Tierra, el EHT. La impresionante resolución obtenida con el EHT es equivalente a la necesaria para medir la longitud de una tarjeta de crédito en la superficie de la Luna.

«Con ALMA y APEX, que por su ubicación en el sur mejoran la calidad de imagen añadiendo ampliación geográfica a la red EHT, los científicos europeos han podido desempeñar un papel central en la investigación», afirma Francisca Kemper, científica del Programa Europeo ALMA de ESO. «Con sus 66 antenas, ALMA domina la colección general de señales

*en luz polarizada, mientras que APEX ha sido esencial para la calibración de la imagen.»*

«Los datos de ALMA también fueron cruciales para calibrar, obtener imágenes e interpretar las observaciones del EHT, proporcionando un marco restringido a los modelos teóricos que explican cómo se comporta la materia cerca del horizonte de sucesos del agujero negro», añade Ciriaco Goddi, científico de la Universidad de Radboud y del Observa-

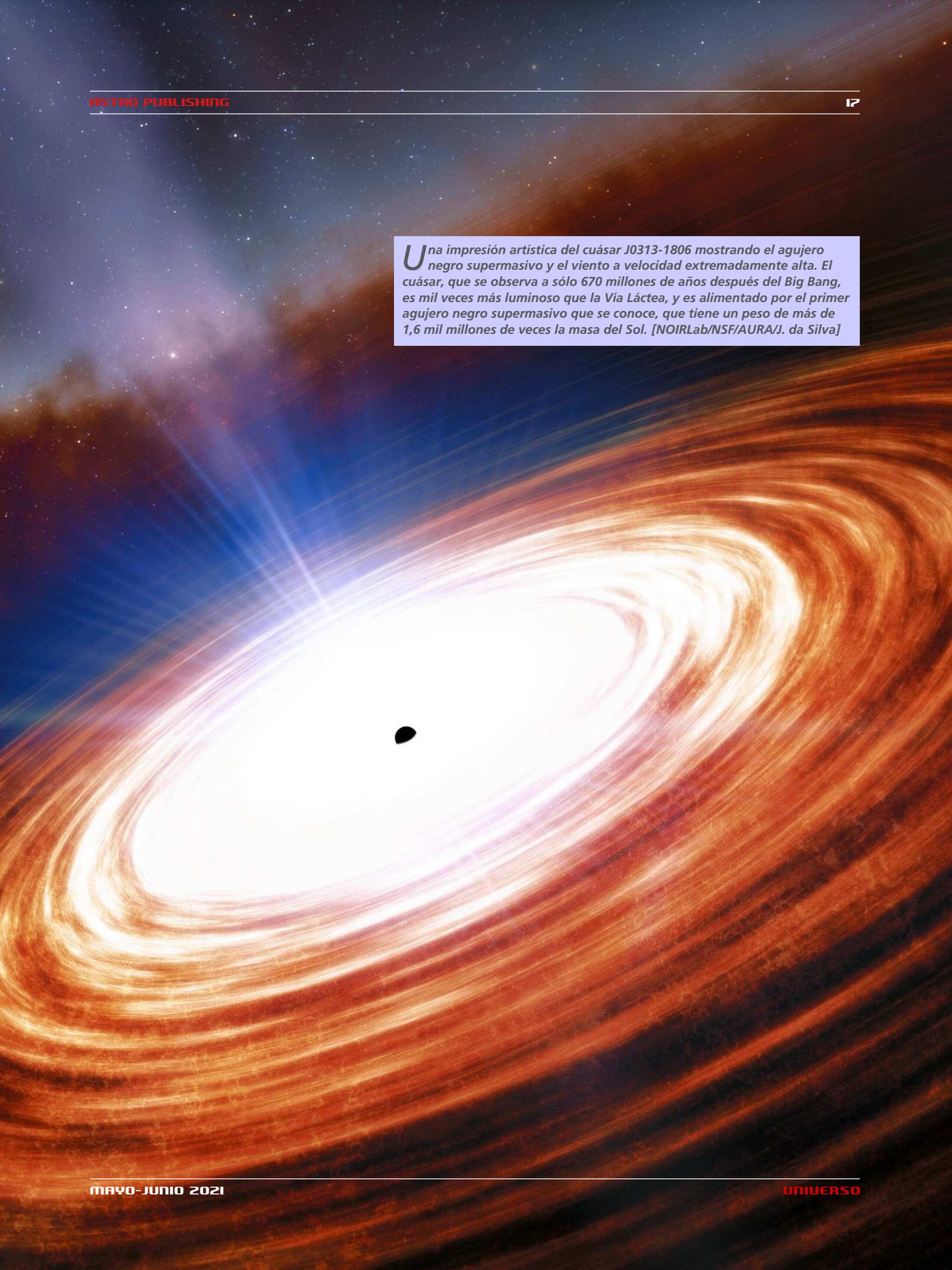
torio de Leiden (Países Bajos), quien dirigió un estudio de apoyo que se basó únicamente en observaciones de ALMA.

La configuración EHT permitió al equipo observar directamente la sombra del agujero negro y el anillo de luz a su alrededor, con la nueva imagen de luz polarizada mostrando claramente que el anillo está magnetizado. Los resultados se publicaron en dos artículos separados de la colaboración EHT en la revista *The Astrophysical Journal Letters*. En la investigación participaron más de 300 investigadores de múltiples organizaciones y universidades de todo el mundo. «El EHT está haciendo rápidos avances, se están añadiendo nuevos observatorios y se llevan a cabo actualizaciones tecnológicas. Esperamos que futuras observaciones de EHT revelen con mayor precisión la estructura del campo magnético que hay alrededor del agujero negro y nos cuenten más sobre la física del gas caliente de esta región», concluye Jongho Park, miembro de la colaboración EHT y Fellow en la Asociación de Observatorios Principales de Asia Oriental del Instituto de Astronomía y Astrofísica de la Academia Sínica, en Taipei. ■

# El primer agujero negro supermasivo y cuásar del universo

por NOIRLab - Amanda Kocz

Los cuásares, que son alimentados por agujeros negros supermasivos colosales, son los objetos más energéticos del Universo y ocurren cuando el gas caliente que se encuentra en el disco de acreción alrededor de un agujero negro supermasivo, es atraído inevitablemente hacia el interior, emitiendo energía a través del espectro electromagnético. La cantidad de radiación electromagnética producida por los cuásares es enorme, tanto que los ejemplos más ma-

An artistic rendering of the quasar J0313-1806. The central feature is a supermassive black hole, depicted as a small black dot. Surrounding it is a bright, glowing accretion disk with a color gradient from white at the center to orange and red at the edges. Two powerful jets of high-speed outflows extend from the poles of the black hole, appearing as bright blue and purple streaks against the dark background of space. The background is filled with distant stars and a faint, reddish glow.

*Una impresión artística del cuásar J0313-1806 mostrando el agujero negro supermasivo y el viento a velocidad extremadamente alta. El cuásar, que se observa a sólo 670 millones de años después del Big Bang, es mil veces más luminoso que la Vía Láctea, y es alimentado por el primer agujero negro supermasivo que se conoce, que tiene un peso de más de 1,6 mil millones de veces la masa del Sol. [NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva]*

sivos de ellos superan fácilmente la energía emitida por galaxias enteras. Ahora, un equipo internacional de astrónomos anunció el descubrimiento de

J0313-1806, el cuásar más distante conocido hasta ahora.

«Los cuásares más distantes son cruciales para comprender como los primeros agujeros negros se formaron y también entender la reionización cósmica —la última gran fase de transición de nuestro Universo», explicó Xiaohui Fan, co-autor de la investigación y Profesor Regente de Astronomía en la Universidad

de Arizona. El cuásar J0313-1806 se le observa a más de 13 mil millones de años atrás, y si bien es el cuásar más distante que se conoce, también es el más antiguo, ya que se formó por completo hace unos 670 millones de años después del Big Bang. El nuevo cuásar es 10 mil millones de veces más luminoso que nuestro Sol, lo que significa que produce mil veces más energía que toda la galaxia de la Vía Láctea. La fuente de poder de este cuásar es un agujero negro supermasivo que es 1,6 mil millones de veces más masivo que nuestro Sol, y corresponde al primer agujero negro del Universo que se conoce actualmente.

La presencia de este agujero negro tan masivo en los primeros tiempos de la historia del Universo, desafía las teorías de la formación de los agujeros negros, ya que los astrónomos necesitan explicar cómo se formó cuando apenas tenía tiempo para hacerlo. El investigador de NASA Hubble en la Universidad de Arizona y autor líder del artículo científico, Feige Wang, explicó que: «Los agujeros negros creados por las primeras estrellas masivas no pudieron ser capaces de crecer tanto en apenas unos pocos cientos de millo-

**E**ste es el Episodio 17 de CosmoView para el comunicado de prensa noirlab2102 *The earliest supermassive black hole and quasar in the Universe. [Images and Videos: NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva, ESO/M.Kornmesser, CTIO/D. Munizaga, International Gemini Observatory/Kwon O Chul. Music: Stellardrone - Comet Halley]*

nes de años». Las observaciones que hicieron posible este descubrimiento fueron realizadas utilizando diversos telescopios, incluyendo tres instalaciones de Observatorio AURA y NOIRLab de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF por sus siglas en inglés): el Telescopio de 4 metros Víctor M. Blanco en Cerro Tololo, Gemini Sur, y Gemini Norte. Los datos del telescopio Blanco que contribuyen al estudio DESI Legacy Imaging Surveys — que nutre a la comunidad astronómica mediante el Astro Data Lab en el Centro de Datos para la Comunidad Científica de NOIRLab (CSDC) — ayudaron primero a identificar J0313-1806, mientras que las observaciones de Gemini Sur fueron cruciales para confirmar su identidad como un cuásar. Además, se utilizaron espectros de alta calidad de dos observatorios en Hawaii (Gemini Norte y del observatorio W. M. Keck), para medir la masa del agujero negro supermasivo central.

«El cuásar más distante y el agujero negro más antiguo son marcadores importantes en la historia del Universo», precisó el Director de Programa Martin Still de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos. «Los investigadores aprovecha-

ron varias instalaciones de NOIRLab de NSF para realizar este descubrimiento.»

Además de determinar el peso del monstruoso agujero negro, las observaciones de Gemini Norte y del Observatorio Keck, permitieron descubrir un flujo de salida extremadamente rápido emanando desde el cuásar en forma de un viento de alta velocidad que viaja a un 20% de la velocidad de la luz.

«La energía liberada por este flujo extremo de alta velocidad es lo suficientemente grande como para influir en la formación estelar de toda

la galaxia anfitriona del cuásar», explicó Jinyi Yang, becaria postdoctoral de la beca Peter A. Strittmatter del Observatorio Steward en la Universidad de Arizona. Este es el primer ejemplo conocido de un cuásar que modela el crecimiento de su galaxia anfitriona, lo que convierte a J0313-1806 en un objetivo prometedor para futuras observaciones.

La galaxia que alberga a J0313-1806 está experimentando un brote de formación estelar, produciendo estrellas nuevas 200 veces más rápido que en la Vía Láctea.

La combinación de esta intensa formación estelar, el cuásar luminoso, y el flujo de alta velocidad hacen de J0313-1806 y su galaxia anfitriona un laboratorio natural prometedor para comprender el crecimiento de los agujeros negros supermasivos y sus galaxias anfitrionas en el Universo temprano.

«Este sería un gran objeto para investigar la formación de los primeros agujeros negros supermasivos», concluye Feige Wang. «También esperamos aprender más sobre el efecto de los flujos del cuásar en su galaxia anfitriona, así como también aprender cómo se forman las galaxias más masivas en el Universo temprano.» ■



Inspector-1,  
lineare de  
space

tes validées  
tauri

win spends  
440 days in orbit

Bloostar:  
space at your  
fingertips

Una sonda a  
casos del Sol

Un nu  
tránsito sob  
el disco  
KIC 846285

on un  
YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN SPACE

ossible  
acial lake  
Mars

olution to the  
steries of Uranus

Barnard's Star b,  
la super-Terra  
più vicina

Bennu, Didymos  
e la difesa planetaria

TIENT AU COURANT DE L'ACTUALITÉ SPATIALE  
Cosmos

Tabby's star, un  
mystère non résolu  
Deux sondes exploreront  
le système solaire  
primitif

MISSIONE PLATO,  
il passo decisivo  
Le pulsar nel  
mirino di NICER

Una nuova  
sonda a  
casos del Sol

Un nu  
tránsito sob  
el disco  
KIC 846285

MACRO Cosmos  
bimestriale d'informazione scientifica e tecnica • Juillet-Août 2018

L'industrie minière va  
au-delà de la Terre  
Une nouvelle Supernova  
au-dessus de Munich

Hayabusa2 trabajando  
en Ryugu

Barnard's Star b,  
la super-Terra  
più vicina

Bennu, Didymos  
e la difesa planetaria

Bennu, Didymos  
e la difesa planetaria

TIENT AU COURANT DE L'ACTUALITÉ SPATIALE  
Cosmos

4 strani segnali  
dalla Galassia

MACRO Cosmos  
bimestriale d'informazione scientifica e tecnica • Novembre-Décembre 2017

Une autre origine  
la ceinture d'astéroïdes  
Deep Space Gateway,  
repartir de la Lune

MACRO Cosmos  
bimestriale d'informazione scientifica e tecnica • maggio-giugno 2018

Un hotel extra  
lusso in orbita  
terrestre

50 years ago,  
we walked on  
the Moon

from Alpha  
Centauri

ASTRONOMY  
The second biggest  
meteorite discovered

ASTRONOMY  
The first  
interstellar  
asteroid

# Formación de nueva atmósfera en un exoplaneta rocoso

por NASA/ESA - Bethany Downer  
traducido por Marcelino Álvarez Villarroya

**P**or primera vez, utilizando el telescopio espacial Hubble los científicos han encontrado evidencia de actividad volcánica que re-forma la atmósfera en un planeta rocoso alrededor de una estrella distante. El planeta, GJ 1132 b, tiene una densidad, tamaño y edad similares a los de la Tierra.

El planeta GJ 1132 b parece haber empezado su vida como mundo gaseoso con una gruesa capa de atmósfera. Partiendo de varias veces el radio de la Tierra, el así llamado "sub-Neptuno", perdió rápidamente su atmósfera primordial de hidrógeno y helio, despojada por la intensa radiación de su joven y caliente estrella. En un corto período de tiempo, se redujo a un núcleo desnudo del ta-

maño de la Tierra. Para sorpresa de los astrónomos, las nuevas observaciones del Hubble han descubierto que una segunda atmósfera ha reemplazado a la primera. Es rica en hidrógeno, cianuro de hidrógeno, metano, amoníaco, y también neblinas de hidrocarburos. Los astrónomos teorizan que el hidrógeno de la atmósfera original fue absorbido por el manto de magma fundido del planeta y ahora está siendo liberado lentamente mediante vulcanismo para formar una nueva atmósfera. Esta segunda atmósfera, que continúa escapándose al espacio, se repone continuamente a partir del depósito de hidrógeno en el magma del manto. «Esta segunda atmósfera proviene de la superficie y el interior del planeta,

**E**sta imagen es una representación artística del exoplaneta GJ 1132 b. [NASA, ESA, and R. Hurt (IPAC/Caltech)]

por lo que es una ventana a la geología de otro mundo», explicó Paul Rimmer, miembro del equipo de la Universidad de Cambridge, Reino Unido. «Se necesita hacer mucho más trabajo para poder ver a través de ella, pero el descubrimiento de esta ventana es de gran importancia.»

«Primero pensamos que estos planetas altamente irradiados serían bastante aburridos porque creíamos que habían perdido sus atmósferas», dijo Raissa Estrela, miembro del equipo del Jet Propulsion Laboratory del Instituto de Tecnología de California en Pasadena, California, EE. UU. «Pero analizamos las observaciones existentes de este planeta con el Hubble y nos dimos cuenta de que tenía atmósfera.»

«¿Cuántos planetas terrestres no comienzan como terrestres? Algunos pueden comenzar como sub-neptunos y se convierten en terrestres a través de un mecanismo por el cual la luz evapora la atmósfera primordial. Este proceso obra temprano en la vida de un planeta, cuando la estrella está más caliente», dijo el líder del equipo Mark Swain del Jet Propulsion Laboratory. «Después la estrella se enfría y el planeta simplemente se queda ahí. Así tenemos la forma de cocinar la atmósfera en los primeros 100 millones de años, aunque luego las cosas se asientan. Y si puedes regenerar la atmósfera, tal vez puedas conservarla.»

De alguna manera, GJ 1132 b tiene varios paralelismos con la Tierra, pe-



**A**quí se muestra la región alrededor de la estrella anfitriona del exoplaneta GJ 1132 b. [ESA/Hubble, DSS2. Ack: Davide De Martin]

ro de alguna manera también es muy diferente.

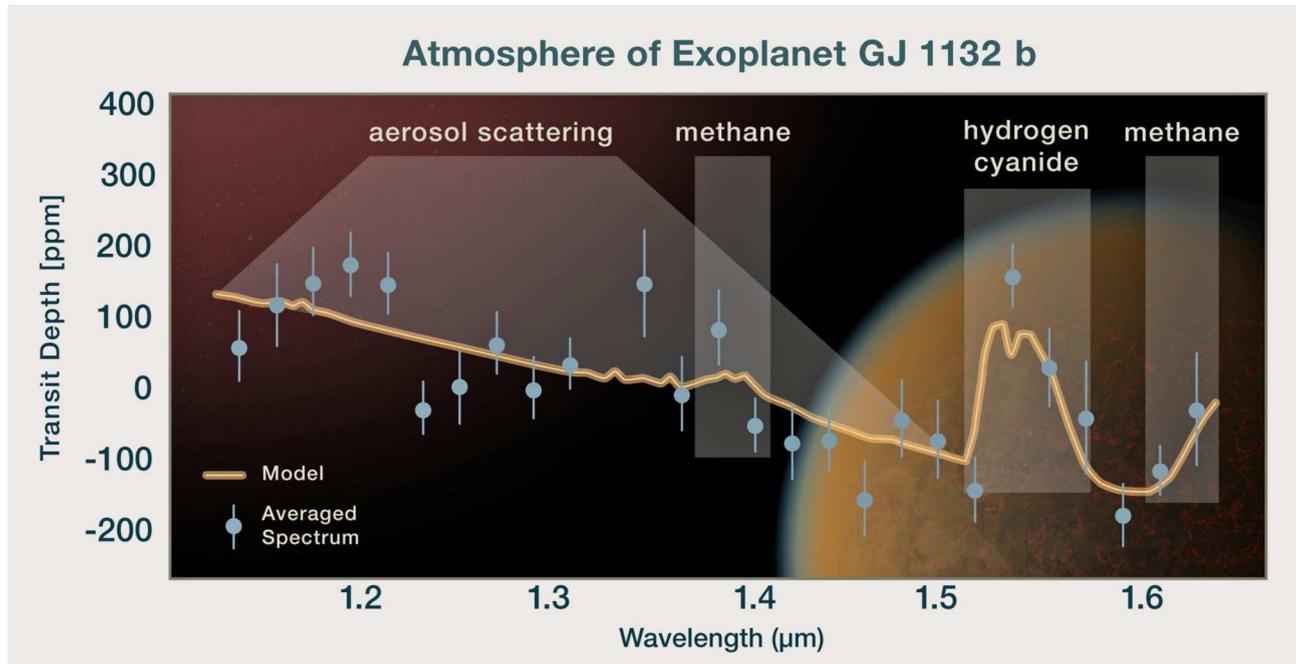
Ambos tienen densidades similares, tamaños similares y edades similares, con aproximadamente 4500 millones de años. Ambos comenzaron con una atmósfera dominada por hidrógeno, y ambos estaban calientes antes de enfriarse. El trabajo del equipo incluso sugiere que GJ 1132 b y la Tierra tienen una presión atmosférica similar en la superficie.

Sin embargo, las historias de formación de los planetas son profundamente diferentes. No se cree que la Tierra sea el núcleo superviviente de un sub-neptuno. Y la Tierra orbita a una agradable distancia de nuestra estrella enana amarilla el Sol. GJ 1132 b está tan cerca de su estrella enana roja anfitriona, que completa una órbita a su estrella una vez cada día y medio. Esta proximidad extremadamente cercana mantiene a GJ 1132 b bloqueado por marea, mos-

trando la misma cara a su estrella en todo momento, al igual que nuestra luna mantiene un hemisferio permanentemente frente a la Tierra. «La pregunta es, ¿qué mantiene el manto lo suficientemente caliente

como para permanecer líquido y potenciar el vulcanismo?», preguntó Swain. «Este sistema es especial porque tiene la oportunidad de un enorme calentamiento por marea.» El fenómeno del calentamiento por

**E**n este episodio de Space Sparks, ESA / Hubble resume un nuevo y emocionante descubrimiento del telescopio espacial Hubble. [Directed by: Bethany Downer and Nico Bartmann. Editing: Nico Bartmann. Web and technical support: Enciso Systems. Written by: Bethany Downer. Music: STAN DART – Organic Life (Music written and performed by STAN DART). Footage and photos: ESA/Hubble & NASA, R. Hurt (IPAC/Caltech)]



**E**ste gráfico muestra el espectro de la atmósfera del exoplaneta rocoso del tamaño de la Tierra, GJ 1132 b, que se superpone a la representación artística del propio planeta. La línea naranja representa el espectro del modelo. En comparación, el espectro observado se muestra como puntos azules que representan puntos de datos promediados, junto con sus barras de error. Este análisis es consistente con GJ 1132 b siendo predominante una atmósfera de hidrógeno con una mezcla de metano y cianuro de hidrógeno. El planeta también tiene aerosoles que provocan la dispersión de la luz. Esta es la primera vez que se detecta en un mundo fuera de nuestro sistema solar la llamada "atmósfera secundaria", que se forma después de que el planeta pierde su atmósfera primordial. [NASA, ESA, and P. Jeffries (STScI)]

marea se produce por fricción, cuando la energía de la órbita y la rotación se dispersa dentro del planeta en forma de calor. GJ 1132 b se encuentra en una órbita elíptica y las fuerzas de marea que actúan sobre ella son más fuertes cuando está más cerca o más lejos de su estrella anfitriona. Al menos otro planeta en su sistema también ejerce una atracción gravitacional sobre él. Las consecuencias son que este "bombeo" gravitacional aprieta o estira el planeta. Ese calentamiento de marea mantiene el manto líquido durante mucho tiempo. Un ejemplo cercano en nuestro propio Sistema Solar es la luna joviana, Ío, que tiene vulcanismo continuo como resultado de un tira y afloja entre Júpiter y las lunas jovianas vecinas. El equipo

cree que la corteza de GJ 1132 b es extremadamente delgada, quizás solo de unos cientos de pies (decanas de metros) de espesor. Por tanto, demasiado débil para soportar algo parecido a volcanes. Su terreno llano también puede romperse como una cáscara de huevo por la flexión de la marea. El hidrógeno y otros gases podrían liberarse a través de estas grietas. «Esta atmósfera, si es delgada, es decir, si tiene una presión superficial similar a la de la Tierra, probablemente signifique que se puede ver hasta el suelo en longitudes de onda infrarrojas. Eso significa que si los astrónomos usan el telescopio espacial James Webb para observar este planeta, existe la posibilidad de que no vean el espectro de la atmósfera, sino el espectro de

la superficie», explicó Swain. «Y si hay charcos de magma o actividad volcánica, esas áreas estarán más calientes. Eso generará más emisiones, por lo que potencialmente estarán observando la actividad geológica real, ¡lo cual es emocionante!»

«Este resultado es significativo porque brinda a los científicos de exoplanetas una forma de descubrir algo sobre la geología de un planeta a partir de su atmósfera», agregó Rimmer. «También es importante para comprender dónde encajan los planetas rocosos de nuestro propio Sistema Solar: Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, en el amplio panorama de la planetología comparativa, en términos de disponibilidad de hidrógeno frente a oxígeno en la atmósfera.» ■

# Una galaxia distante muere mientras los astrónomos observan

por ESO - José Miguel Mas Hesse

Las galaxias comienzan a “morir” cuando dejan de formar estrellas, pero hasta ahora los astrónomos nunca habían vislumbrado claramente el comienzo de este proceso en una galaxia lejana. Utilizando el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), del que el Observatorio Europeo Austral (ESO) es socio, los astrónomos han visto una galaxia expulsando casi la mitad de su gas, el elemento fundamental para la formación de estrellas.

«Es la primera vez que observamos una típica galaxia masiva formadora de estrellas en el universo distante a punto de ‘morir’ debido a una expulsión masiva de gas frío», afirma Annagrazia Puglisi, investigadora principal del nuevo estudio, de la Universidad de Durham (Reino Unido) y el Centro de Investigación Nuclear Saclay (CEA-Saclay, Francia).

La galaxia, ID2299, está tan lejos que su luz tarda unos 9 mil millones de años en llegar a nosotros; la vemos cuando el Universo tenía sólo 4500 millones de años.

La eyección de gas equivale al necesario para alcanzar una tasa de formación de 10 000 soles al año, y está eliminando un asombroso 46% del gas frío total de ID2299. Debido a que la galaxia también está forman-

do estrellas de forma muy rápida (cientos de veces más rápido que nuestra Vía Láctea), el gas restante se consumirá rápidamente, haciendo que ID2299 cese su producción en tan sólo unas pocas decenas de millones de años.

El evento responsable de la espectacular pérdida de gas, según el equipo, es una colisión entre dos galaxias que, finalmente, se fusionaron para formar ID2299. La escurridiza pista que llevó a los científicos hacia este escenario fue la asociación del gas expulsado con una “cola de marea”. Las colas de marea son corrientes alargadas de estrellas y gas que se extienden en el espacio interestelar y que son el resultado de la fusión de dos galaxias, difíciles de ver en galaxias distantes porque, por lo general, son demasiado débiles. Sin embargo, el equipo logró observar este fenómeno relativamente brillante justo cuando se lanzaba al espacio y fueron capaces de identificarlo como una cola de marea.

La mayoría de los astrónomos cree que los vientos causados por la formación de estrellas y la actividad de los agujeros negros en los centros de galaxias masivas son responsables de lanzar material de formación de estrellas al espacio, terminando así con



**E**sta representación artística de ID2299 muestra a la galaxia, producto de una colisión galáctica, y a parte de su gas siendo expulsado por una "cola de marea" como resultado de la fusión. Nuevas observaciones realizadas con ALMA, del que ESO es socio, han captado las primeras etapas de esta eyección antes de que el gas llegara a las grandes escalas representadas en esta representación artística. [ESO/M. Kornmesser]

la capacidad de las galaxias para crear nuevas estrellas. Sin embargo, el nuevo estudio publicado en *Nature Astronomy* sugiere que las fusiones galácticas también pueden ser responsables de expulsar al espacio el combustible necesario para la formación de estrellas.

«Nuestro estudio sugiere que las eyecciones de gas pueden producirse por fusiones y que los vientos y las colas de marea pueden parecer muy similares», dice el coautor del estudio, Emanuele Daddi, de CEA-Saclay. Por eso es posible que algunos de los equipos que previamente identificaron vientos en galaxias distantes podrían haber estado observando, en realidad, colas de marea expulsando gas de estas galaxias. "Esto podría llevarnos a revisar nuestra comprensión de cómo 'mueren' las galaxias", añade Daddi.

Puglisi subraya la importancia del hallazgo del equipo añadiendo: «¡Estoy encantada de haber descubierto una galaxia tan excepcional! Estaba ansiosa por aprender más sobre este extraño objeto porque estaba convencida de que había una lección importante que aprender sobre cómo evolucionan las galaxias distantes». Este sorprendente descubrimiento se hizo por casualidad, mientras el

equipo inspeccionaba un sondeo de galaxias, hecho con ALMA, diseñado para estudiar las propiedades del gas frío en más de 100 galaxias lejanas. ID2299 había sido observado por ALMA durante sólo unos minutos, pero el potente observatorio, ubicado en el norte de Chile, permitió al equipo recopilar suficientes datos como para detectar la galaxia y su cola de eyección.

«ALMA ha arrojado nueva luz sobre los mecanismos que pueden detener la formación de estrellas en galaxias distantes. Ser testigos de un evento de disrupción tan masiva añade una pieza importante al complejo rompecabezas de la evolución de las galaxias», indica Chiara Circosta, investigadora del University College de Londres (Reino Unido), quien también contribuyó a la investigación.

En el futuro, el equipo podría usar ALMA para hacer observaciones más profundas y de mayor resolución de esta galaxia, permitiéndoles comprender mejor la dinámica del gas expulsado. Las observaciones con el futuro Telescopio Extremadamente Grande de ESO podrían permitir al equipo explorar las conexiones entre las estrellas y el gas en ID2299, arrojando nueva luz sobre cómo evolucionan las galaxias. ■

# Alumbrando las investigaciones sobre energía oscura

por NOIRLab - Amanda Hocz

**D**R2 es el segundo lanzamiento de imágenes y catálogo de objetos del estudio Dark Energy Survey, la culminación de más de media década de recopilación y análisis de datos astronómicos con el objetivo final de comprender la tasa de expansión acelerada del Universo y el fenómeno de la energía oscura responsable de la misma. Dark Energy Survey es una colaboración global que incluye al Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE por sus siglas en inglés) Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab), el National Center for Supercomputing Applications (NCSA) y NOIRLab de NSF.

Con la inclusión de un catálogo de casi 700 millones de objetos astronómicos, DR2 se basa en los 400 millones de objetos catalogados en la primera publicación de datos del estudio (DR1), perfeccionando la investigación al refinar las técnicas de calibración, que, con las

imágenes combinadas más profundas de DR2, conducen a mejores estimaciones de materia total basadas en lentes gravitacionales.

Los investigadores astronómicos alrededor del mundo pueden acceder a estos datos sin precedentes y extraerlos para realizar nuevos descubrimientos del Universo, complementarios a los estudios que está llevando a cabo la colaboración Dark Energy Survey. Es posible acceder a la publicación completa de datos aquí y está disponible para que científicos y el público puedan explorarlo.

Uno de los primeros resultados se relaciona con la construcción de un catálogo de estrellas pulsantes tipo RR Lyrae, que otorga a los científicos información sobre la región del espacio exterior más allá del borde de nuestra Vía Láctea. En esta área casi desprovista de estrellas, el movimiento de RR Lyrae insinúa la presencia de un enor-

**E**sta imagen muestra estructuras inusuales alrededor de NGC 474 caracterizadas como olas de marea y estructuras en forma de conchas formadas por cientos de millones de estrellas. Estas características se deben a fusiones recientes (en los últimos mil millones de años) o interacciones cercanas de NGC 474 con galaxias enanas más pequeñas que atrae. Esta imagen es un extracto de Dark Energy Survey que publicó una colección pública masiva de datos astronómicos e imágenes calibradas de seis años de trabajo. [DES/DOE/Fermilab/ NCSA & CTIO/NOIRLab/NSF/AURA - Ack: Image processing: DES, Jen Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), Travis Rector (University of Alaska Anchorage), Mahdi Zamani & Davide de Martin]







**L**a galaxia enana irregular IC 1613 contiene unos 100 millones de estrellas y es miembro de nuestro Grupo Local de galaxias, que también incluye a nuestra Vía Láctea, la espiral de Andrómeda y las Nubes de Magallanes. Esta imagen también es un extracto de Dark Energy Survey. [DES/DOE/Fermilab/NCSA & CTIO/NOIRLab/NSF/AURA – Ack: Image processing: DES, Jen Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), Travis Rector (University of Alaska Anchorage), Mahdi Zamani & Davide de Martin]

me “halo” de materia oscura invisible, que puede proporcionar pistas sobre cómo se formó nuestra galaxia durante los últimos 12 mil millones de años. En otro resultado, los científicos de DES utilizaron el extenso catálogo de galaxias DR2, junto con los datos del experimento LIGO, para estimar la ubicación de una fusión de agujeros negros e inferir el valor de la constante de Hubble, un parámetro cosmológico clave. Combinando sus datos con otros estudios,

los científicos de DES también lograron generar un mapa detallado de los satélites enanos de la Vía Láctea, lo que les da una idea de cómo se ensambló nuestra galaxia y cómo se compara con las predicciones de los cosmólogos.

Las detalladas restricciones cosmológicas de precisión basadas en el conjunto completo de datos de seis años se darán a conocer durante los próximos dos años. DES fue concebido para mapear cientos de millones de

galaxias y para trazar el tamaño del Universo en expansión a medida que éste se acelera bajo la influencia de la energía oscura. DES realizó el mapa de materia oscura más grande y preciso hasta la fecha.

Los datos del estudio, que cubren 5000 grados cuadrados del cielo del hemisferio Sur, permiten un sinnúmero de otras investigaciones, además de las que se enfocan en la energía oscura, cubriendo un vasto rango de distancias cósmicas, desde el descubrimiento de nuevos objetos cercanos al Sistema Solar, hasta investigaciones sobre la naturaleza de las primeras galaxias creadoras de estrellas en el Universo temprano.

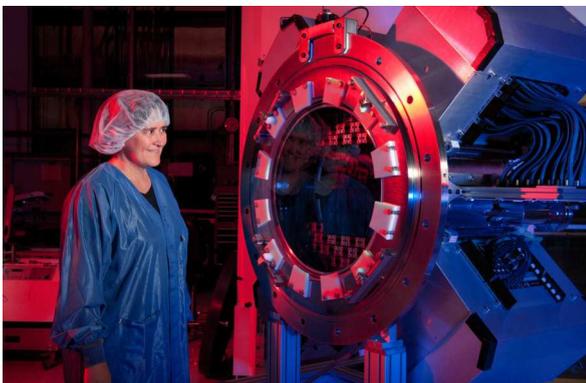
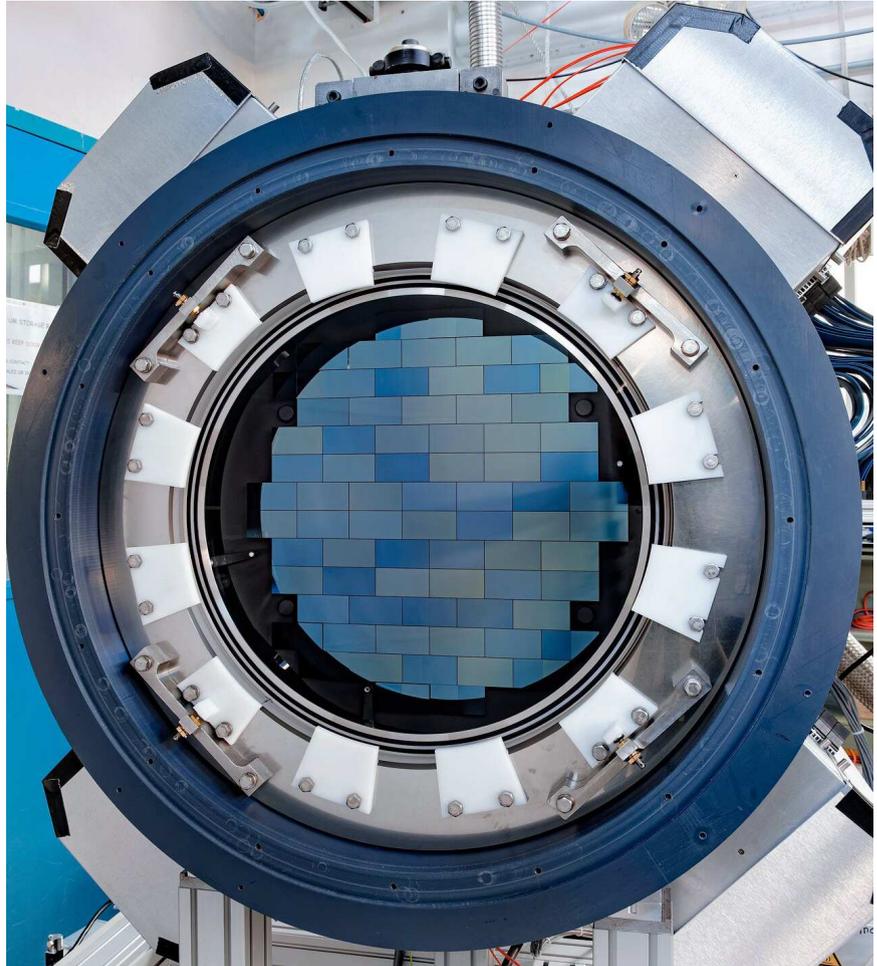
«Este es un hito trascendental. Durante seis años la colaboración del Dark Energy Survey tomó imágenes de distantes cuerpos celestes en el cielo nocturno. Ahora, luego de chequear cuidadosamente la calidad y calibración de las imágenes obtenidas por la Cámara de Energía Oscura, estamos publicando este segundo grupo de datos para el público», anunció el Director de DES, Rich Kron, de Fermilab y la Universidad de Chicago. «Invitamos a los científicos profesionales y aficionados a investigar en lo que

consideramos una invaluable mina de gemas esperando ser descubiertas.»

La herramienta principal para recolectar estas imágenes, la Cámara de Energía Oscura, que fue fabricada por DOE, se encuentra en el Telescopio Víctor M. Blanco 4-meter financiado por NSF, parte del Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo (CTIO) en los Andes chilenos, un Programa NOIRLab de NSF. Cada semana, entre 2013 y 2019, el DES recolectó miles imágenes del cielo

**E**n el plano focal de DECam hay un conjunto científico de 62 CCD de 2048 x 4096. Además hay cuatro CCD de guía de 2048 x 2048 y ocho CCD de enfoque y alineación de 2048 x 2048. La eficiencia cuántica de estos CCD diseñados por LBNL con su revestimiento anti reflectivo, está optimizada en rojo para ser menor al 90% a los 900 nm, y sobre un 60% en el rango de 400-1000 nm. Los CDD de DES fueron fabricados por Dalsa procesamiento posterior realizado por LBNL. Luego fueron empaquetados y probados por Fermilab. DECam fue fabricada by the DOE. [DES/DOE/LBNL/CTIO/NOIR-Lab/NSF/AURA/R. Hahn]

austral, revelando un tesoro de potenciales descubrimientos cosmológicos. Una vez capturadas, estas imágenes (y la gran cantidad de datos que incluyen) son transferidas al NCSA para su procesamiento mediante el proyecto de Gestión de Datos DES (DESDM). Utilizando el supercomputador Blue Waters en NCSA, el Illinois Campus Cluster, y sistemas computacionales en Fermilab, NCSA prepara productos de datos calibrados para el público y para los investigadores. Tomó aproximadamente cuatro meses proce-



**E**l plano focal de DECam comparado con el tamaño de una persona. DECam fue fabricada por el Departamento de Energía (DOE). [DES/DOE/LBNL/CTIO/NOIR-Lab/NSF/AURA/R. Hahn]

sar un año de datos para convertirlo en un catálogo útil y con capacidad de búsqueda. El DES DR2 está alojado en el Centro de Datos para la Comunidad Científica (CSDC), un Programa de NOIRLab de NSF. CSDC provee sistemas de software, servicios para usuarios y el desarrollo de iniciativas para conectar y respaldar las misiones científicas de los telescopios de

NOIRLab, incluyendo al Telescopio Blanco en CTIO.

«Ya que los conjuntos de datos astronómicos actuales son tan vastos, el costo de su gestión es prohibitivo para investigadores individuales o para la mayoría de las organizaciones», explicó Robert Nikutta, Científico de Proyecto del Astro Data Lab en CSDC. «CSDC provee acceso abierto a grandes conjuntos de datos astronómicos como DES DR2, y las herramientas necesarias para explorarlos y explotarlos; entonces, todo lo que se necesita es alguien de la comunidad con una ingeniosa idea para descubrir ciencia nueva y emocionante.» ■

# Cómo medir el jet relativista de M87

por Aniceto Porcel y Miguel Sánchez

El presente trabajo es relativo a las medidas espaciales realizadas en el jet de plasma que emana del núcleo de la galaxia M87, basado en observaciones realizadas desde el Observatorio Astronómico La Laguna. Con ello, y a parte del interés propio del estudio en cuestión, queremos demostrar que es posible acometer investigaciones y cálculos “aparentemente inaccesibles” con instrumental propiamente amateur, es decir, diámetros y focales muy por debajo de los que podemos encontrar en observatorios profesionales, y que sin embargo, pueden dar buenos resultados si somos capaces de aprovechar el potencial de nuestro equipo en la toma de datos y procesado de los mismos. El cálculo que realizamos sobre las dimensiones del jet de M87 no es complejo, su principal dificultad es la de poder aislar el jet por encima del gran brillo del núcleo de la galaxia. Así y todo, dada la capacidad resolutive del instrumental utilizado, existe un mayor grado de incertidumbre en los valores obtenidos del que se tendría con un equipo de mayor resolución y técnicas de cálculo más elaboradas. Sin embargo, como veremos, los resultados son compatibles con los que se dan por establecidos a partir de las observaciones de telescopios profesionales, entre las que se incluyen las del telescopio espacial Hubble (HST).



En marzo de 2019 desde el Observatorio Astronómico La Laguna (OLA) tomamos una secuencia de imágenes de la galaxia M87 con el propósito de registrar el chorro de materia que esta eyecta desde su centro hacia el exterior. Este chorro de plasma o jet relativista, fue identificado por primera vez en 1918 por el astrónomo Herber Curtis (Observatorio Lick), pero no fue hasta años después cuando se desentrañaron los detalles de esta eyección de materia.

Las estructuras en forma de jet no son inusuales. La idea de captarla desde OLA surgió como un reto al ver que las primeras imágenes mostraban una pequeña prominencia que indicaba su presencia, y nos cuestionamos si sería posible mejorar ese resultado. Tras la toma de imágenes el 9 de marzo de 2019, estas quedaron aparcadas para un posterior procesado. Pero el 10 de abril de este mismo año, solo un mes después, se anunció de forma muy mediática, que el equipo del Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT, siglas en inglés de Event Horizon Telescope)

*Imagen de campo de M87 realizada desde OLA el 9 de marzo de 2019.  
[M. Sánchez (SAG), A. Porcel (SAG/OLA)]*

había captado la primera imagen de un agujero negro. Como guinda del pastel, ese agujero negro se encontraba en M87, y el jet que estábamos tratando de revelar en las imágenes, era la consecuencia más que probable del que esta galaxia albergaba en el núcleo. La coincidencia resultaba emocionante, mientras tratábamos de captar y medir el chorro de materia altamente colimada que salía del núcleo de M87, un equipo internacional de astrónomos estaba ultimando la primera evidencia visual de un agujero negro, del agujero negro que lo provocaba.

En realidad, desde hacía tiempo se asumía que la presencia del jet de M87 era consecuencia de un agujero negro, sin embargo, este ni ningún otro había sido visto directamente. Durante décadas solo habían sido teoría respaldada por evidencias observacionales, tales como su huella

**E**n el fondo, el chorro de electrones y partículas subatómicas impulsado por un agujero negro que fluye desde el centro de la galaxia M87.  
[NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)]

gravitatoria principalmente, y otras como los chorros de materia eyectada a muy alta velocidad de los núcleos galácticos.

No es fácil con el equipo disponible en OLA registrar esta estructura, no tanto por la debilidad y sutileza del jet, sino principalmente por el gran brillo del núcleo de M87, que sobreexpone los píxeles cercanos al centro de la galaxia, lo que nos oculta los detalles finos en esa región.

En las imágenes y primeros tratamientos el chorro de plasma solo aparece como un pequeño abultamiento o pico que indica su presencia y poco más. Por tanto, había que calcular cuidadosamente los tiempos de integración. Así mismo, había que escoger los filtros a utilizar y las proporciones de estos. Buscábamos registrar color real mediante la paleta cromática LRGB. Posteriormente hemos comprobado que el jet, al ser azulado, hubiera requerido aumentar las integraciones del filtro azul (B), pero el desconocimiento de ello nos hizo adjudicar tiempos

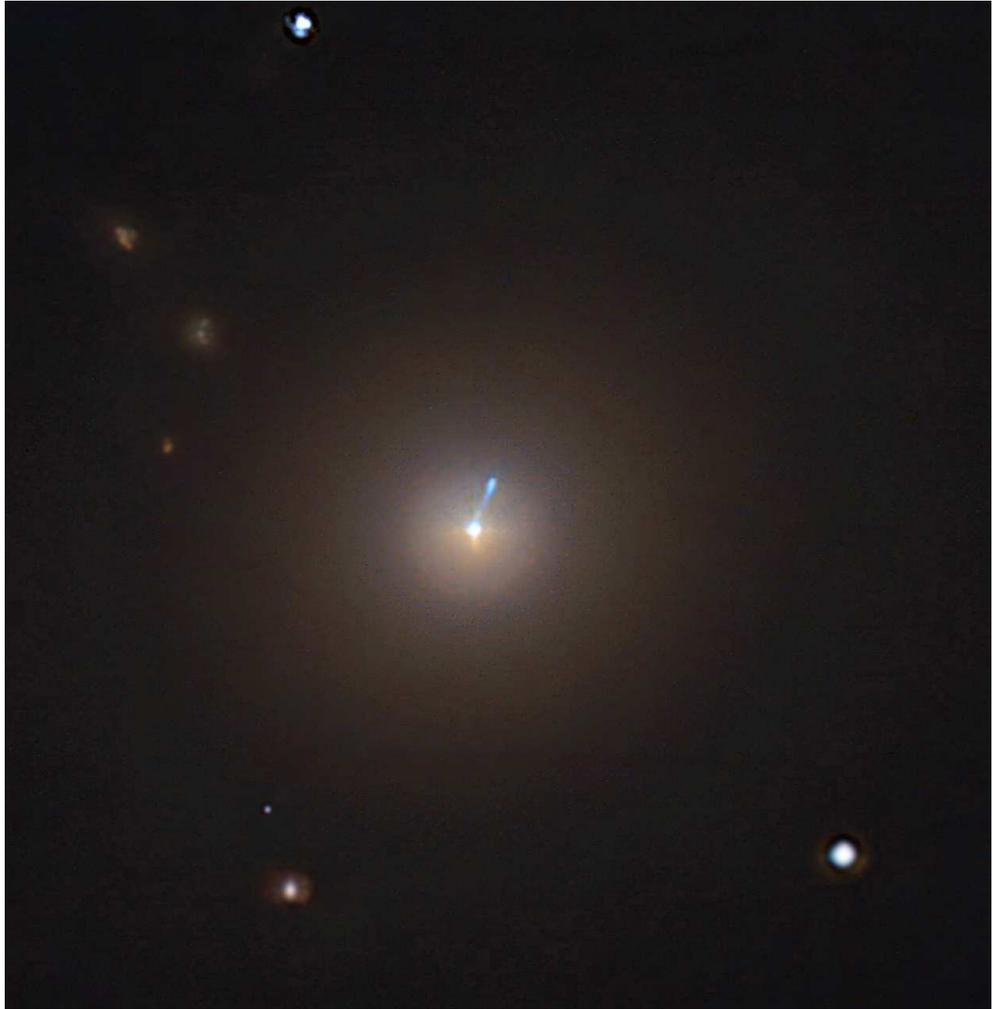
de exposición idénticos en cada filtro. También realizamos tomas en  $H\alpha$ , a sabiendas (o casi) de que estas no iban a aportar ninguna información extra, y en cualquier caso empeorarían la relación señal/ruido, hecho que se hizo evidente en el procesado, por lo que se han sido descartadas.

La adquisición de imágenes ha sido realizada con la asistencia del software Maxim DL, Astrotortilla,

EQMOD y Cartes du Ciel. Cada fichero fits obtenido ha sido procesado inicialmente con Avis FITS Viewer (AvisFV) para reducir el brillo del núcleo de la galaxia hasta dejar al descubierto el jet de plasma. El apilado de imágenes se ha hecho con DeepSkyStacker (DSS), incluyendo la luminancia (L) en el canal rojo (R+L) y los canales verde (G) y azul (B) independientes. El montaje del color (RGB) se ha realizado con

Photoshop, donde de nuevo ha sido procesada para recalibrar color, brillo y contraste. Para las medidas espaciales del jet se ha utilizado el programa IRIS.

Como se ha mencionado, la imagen final del campo de M87 es un apilado LRGB en la siguiente proporción: L 3×300", R 3×300", G 3×300", B 3×300"; 12 tomas de 300 segundos, lo que hace una exposición total de 3600 segundos (1 hora).



**E**l jet de M87. El agresivo procesado para aislar el jet de plasma del núcleo hace que las estrellas de campo aparezcan con extraños bordes y halos. Telescopio reflector Newton de 10" f/3.9, cámara CCD SBIG ST-8300M, Sensor KAF-8300 de 8,3 megapixel, 5,4x5,4  $\mu$  (3326x2504 pixels), montura: ecuatorial alemana EQ-8. [M. Sánchez (SAG), A. Porcel (SAG/OLA)]

Tras deleitarnos con el jet observado en las imágenes, nos preguntamos: «¿Y si usáramos estas para medir el tamaño del jet? ¿Obtendríamos medidas similares a las reales?»

Teniendo como datos conocidos la distancia a la que se encuentra la galaxia M87 (53 millones de años luz) y pudiendo calcular el tamaño aparente del jet en segundos de arco a partir de nuestras capturas, nos dispusimos a calcularlo aplicando trigonometría básica.

Sabemos que, mediante la fórmula de la tangente, podemos relacionar el ángulo y los 2 catetos, que es justo lo que necesitábamos en nuestro caso:

$$\tan\theta = \frac{d}{D}$$

Incluso al ser el ángulo tan pequeño, se puede aproximar la tangente al propio ángulo:

$$\tan\theta \approx \theta$$

Y transformando el ángulo de radianes a arcosegundos tenemos:

$$\theta_{\text{arcsegundos}} = 206265 \frac{d}{D}$$

Al ya conocer D, que son  $5 \times 10^{23}$  m (los 53 millones de años luz a M87 pasados a metros), solo nos quedaba calcular los arcosegundos que ocupa el jet en el cielo.

Para ello primero necesitamos saber la resolución de nuestro conjunto cámara/telescopio, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$R(\text{arcosegundos por pixel}) = \frac{206 \times \text{tamaño del pixel (micras)}}{\text{distancia focal (mm)}}$$

En nuestro caso:

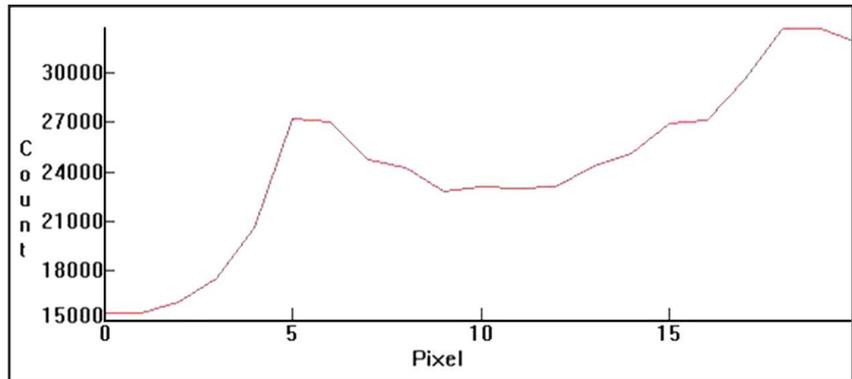
$$R = \frac{206 \times 5,4}{1000} = 1,11 \text{ arcsec/pix}$$

Ya solo nos quedaba medir cuantos píxels ocupaba el jet en nuestra imagen. Para ello tomamos desde el centro de la galaxia, hasta el borde del haz, usando la herramienta "Slice" del programa IRIS, que nos dio unos  $16 \pm 1$  píxels:

obtenemos el valor:

$$855,6 \pm 285 \text{ años luz} \\ (262,3 \pm 87,4 \text{ pc}) \\ \text{de anchura.}$$

Teniendo en cuenta que según datos oficiales el jet mide unos 5000 años



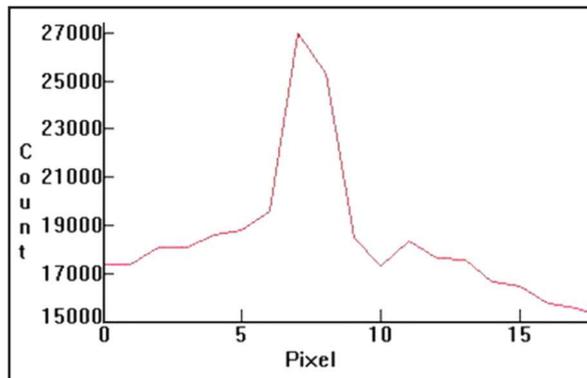
Luego al multiplicar nuestra R por 16, obtenemos unos 17,8 segundos de arco, que ya podemos sustituir en la fórmula comentada más arriba para despejar d:

$$d = \frac{17,8 \times 5 \times 10^{23}}{206265} = 4.3 \times 10^{19} \text{ m}$$

es decir:

$$4542 \pm 285 \text{ años luz} \\ (1392,6 \pm 87,4 \text{ pc}) \\ \text{de longitud.}$$

Igualmente tomando  $3 \pm 1$  píxels para el ancho del jet:



luz, unos 20 arcosegundos, nuestro cálculo parece estar dentro unos márgenes razonables.

### Conclusión

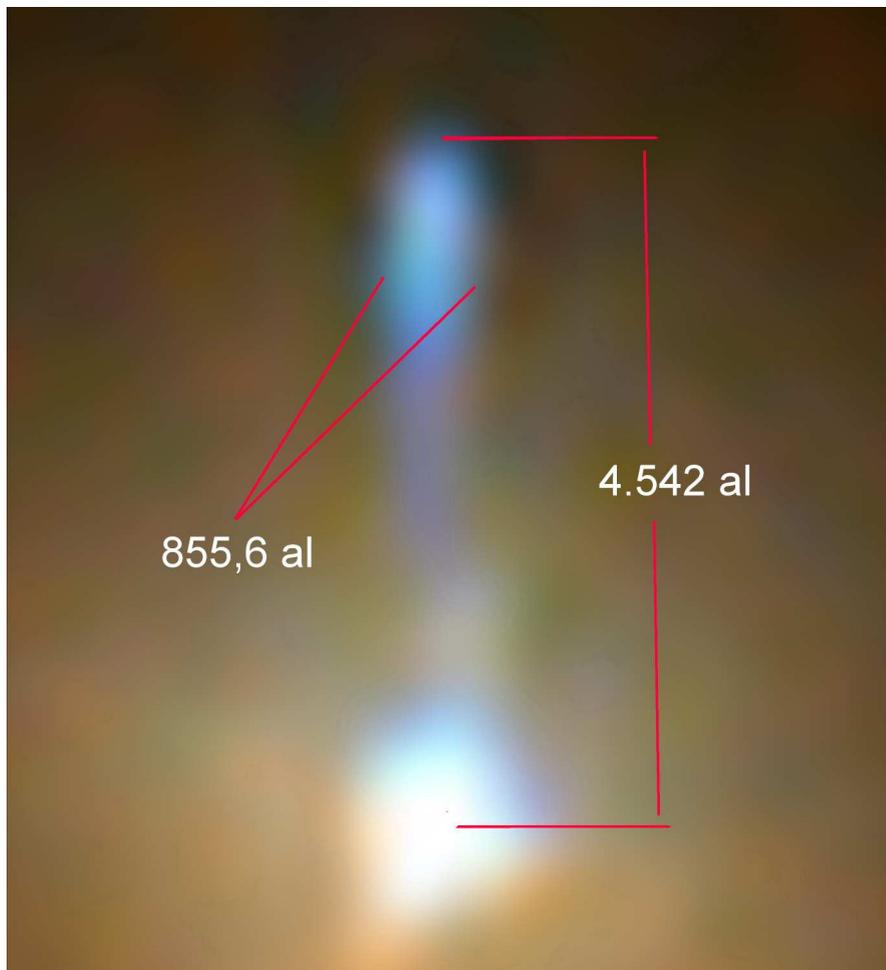
Los jets son objetos que muestran propiedades y condiciones muy interesantes por su naturaleza y por sus extremas propiedades, conocerlos es entender más acerca de cuásares, radiogalaxias, galaxias activas y de agujeros negros entre otros. En nuestro caso, el jet de la galaxia M87, del que hemos estudiado sus dimensiones espaciales, pensamos que hemos obtenido resultados compatibles con los datos digamos oficiales.

Nuestros cálculos arrojan una longitud del chorro de plasma de unos 4542 al, frente a los 5000 al calculados por observatorios con mayor poder resolutivo o situados fuera de la atmosfera terrestre. Así mismo, hemos obtenido un valor de 855,6 al para el

ancho del jet, que se corresponde con el jet relativista central altamente colimado (de un ancho muy inferior) y la envoltura de material no relativista que lo rodea.

Hemos medido las dimensiones de un objeto situado a 53 millones de años luz de la Tierra, con un error inferior a 500 al. La diferencia entre nuestros valores y los establecidos tal vez se deba a que probablemente no hemos podido detectar de forma clara el final del jet, que quizás sea más tenue que el resto.

**E**l jet de M87. OLA, 9 de marzo de 2019. [M. Sánchez (SAG), A. Porcel (SAG/OLA)]



**E**l Observatorio Astronómico La Laguna es una instalación dedicada a la observación, investigación y divulgación astronómica en colaboración con la Sociedad Astronómica Granadina.

Es evidente que, con instrumental amateur, es posible obtener medidas que se correspondan con los valores reales. Esto nos abrió la mente en dos aspectos: el primero, es que en contra de lo que se pueda pensar, es relativamente fácil encontrar ejemplos de matemáticas aplicadas a las observaciones astronómicas hechas por aficionados, que pueden ser extrapolables a centros educativos o asociaciones astronómicas a modo de taller, en la que los alumnos o asistentes puedan ver de primera mano, como obtener las pruebas (imágenes), extraer los datos, y aplicar la teoría para ver cómo, lo que a veces nos parece algo inalcanzable, puede ser reproducible y verificable por nosotros mismos. En segundo lugar, nos demuestra que, si este tipo de observaciones se hacen de una manera rigurosa, se puede llegar a hacer ciencia, lo cual resulta extremadamente motivador. ■

# NEW MOON TELESCOPES



**The  
Hybrid**

**The  
Classic**

**Hand  
Crafted  
Dobsonians-  
Made to Order**

**From 8" to 36"**

**Featuring  
The All New  
SOLID Wood  
/ Aluminum  
HYBRID!**



# Descubierto el cuásar más distante con potente emisión de chorros de radio

por ESO - José Miguel Mas Hesse

Con la ayuda del Very Large Telescope, del Observatorio Europeo Austral (VLT de ESO), un equipo de astrónomos ha descubierto y estudiado en detalle la fuente más lejana de emisiones de radio conocida hasta la fecha. La fuente es un cuásar "radio-intenso", un objeto brillante con potentes chorros que emiten en longitudes de ondas de radio. Está tan lejos que su luz ha tardado 13 000 millones de años en llegar hasta nosotros y el descubrimiento podría proporcionar importantes pistas para ayudar a los astrónomos a entender el universo temprano.

Los cuásares son objetos muy brillantes que se encuentran en el centro de algunas galaxias y obtienen su energía de agujeros negros supermasivos. A medida que el agujero negro consume el gas circundante, la energía se libera, lo que permite a los astrónomos detectarlos incluso cuando están muy lejos.

El cuásar recién descubierto, apodado P172+18, está tan lejos que su luz ha viajado durante unos 13 000 millones de años para llegar a nosotros: lo vemos como era cuando el universo tenía apenas unos 780 millones de años. Aunque se han des-

cubierto cuásares más distantes, esta es la primera vez que los astrónomos han sido capaces de identificar las reveladoras firmas de chorros de radio en un cuásar en una etapa tan temprana de la historia del universo. Sólo alrededor del 10% de los cuásares — que los astrónomos clasifican como "radio-intensos" — tienen chorros, que brillan intensamente en frecuencias de radio.

P172+18 se alimenta gracias a un agujero negro unos 300 millones de veces más masivo que nuestro Sol que está consumiendo gas a un ritmo impresionante. «El agujero negro está consumiendo materia muy rápidamente, creciendo en masa a una de las tasas más altas jamás observadas», explica la astrónoma Chiara Mazzucchelli, investigadora "ESO Fellow" en Chile, quien dirigió el descubrimiento junto con Eduardo Bañados, del Instituto Max Planck de Astronomía, en Alemania.

Los astrónomos consideran que hay un vínculo entre el rápido crecimiento de agujeros negros supermasivos y los potentes chorros de radio detectados en cuásares como P172+18. Se cree que los chorros son capaces de perturbar el gas que hay alrededor del agu-



**E**sta representación artística muestra cuál podría ser el aspecto del distante cuásar P172+18 y sus chorros de radio. Hasta la fecha (principios de 2021), este es el cuásar más distante con chorros de radio jamás descubierto y fue estudiado con la ayuda del Very Large Telescope de ESO. Es tan distante que su luz ha viajado durante unos 13.000 millones de años hasta llegar a nosotros: lo vemos como era cuando el universo tenía sólo unos 780 millones de años. [ESO/M. Kornmesser]

jero negro, aumentando la velocidad a la que el gas cae en el mismo. Por lo tanto, estudiar cuásares radio-intensos puede proporcionar información importante sobre cómo crecieron los agujeros negros del universo temprano hasta alcanzar tamaños supermasivos de forma tan rápida tras el Big Bang. «Me parece muy emocionante descubrir 'nuevos' agujeros negros por primera vez y proporcionar una pieza más del puzle para entender el universo primordial, de dónde venimos, y, en última instancia, a nosotros mismos», afirma Mazzucchelli. Aunque anteriormente había sido identificado como una fuente de radio, fueron Bañados y Mazzucchelli quienes asignaron a P172+18 la categoría de cuásar lejano tras observarlo con el Telescopio Magallanes, del Observatorio Las Campanas, en Chile: «En cuanto obtuvimos los datos, los inspeccionamos a ojo y supimos inmediatamente que habíamos descubierto el cuásar radio-intenso más distante conocido hasta ahora», señala Bañados.

Sin embargo, debido al corto tiempo de observación, el equipo no tenía suficientes datos para estudiar el objeto en detalle. Le siguieron un aluvión de

observaciones con otros telescopios, (incluyendo algunas con el instrumento X-shooter, instalado en el VLT de ESO) que les permitieron profundizar en las características de este cuásar, incluyendo la determinación de propiedades clave como la masa del agujero negro y lo rápido que consume la materia de su entorno. Entre algunos de los telescopios que contribuyeron al estudio se encuentran el Very Large Array, del Observatorio Nacional de Radio Astronomía, y el Telescopio Keck, en Estados Unidos. El equipo está entusiasmado con su descubrimiento (aparecido en la revista especializada *The Astrophysical Journal*) y creen que este cuásar radio-intenso podría ser el primero de muchos en ser descubierto, tal vez a distancias cosmológicas aún mayores: «Este descubrimiento me hace ser optimista y creo, y espero, que el récord de distancia se rompa pronto», termina Bañados. Instalaciones como ALMA, de la que ESO es socio, y el próximo Telescopio Extremadamente Grande (ELT) de ESO, podrían ayudar a descubrir y estudiar en detalle un mayor número de este tipo de objetos del universo temprano. ■

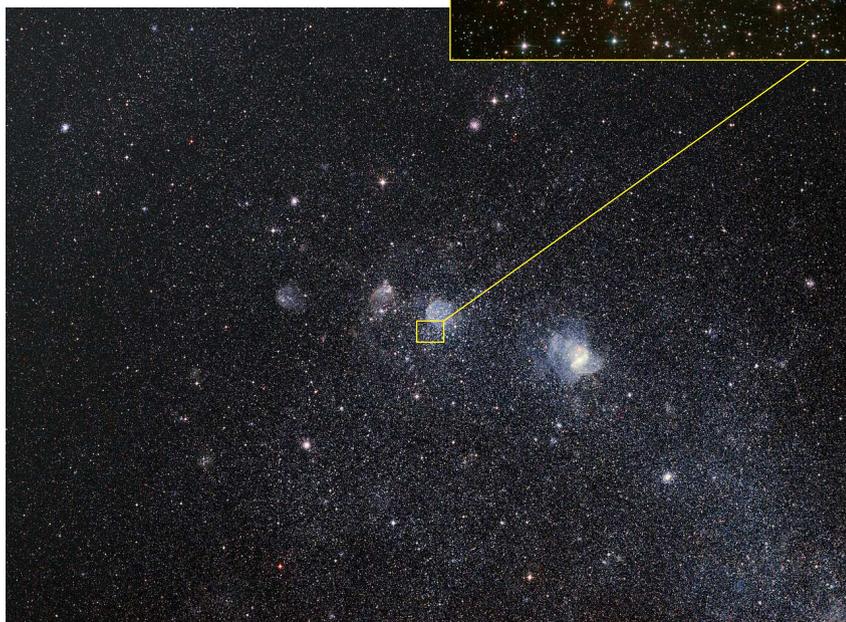
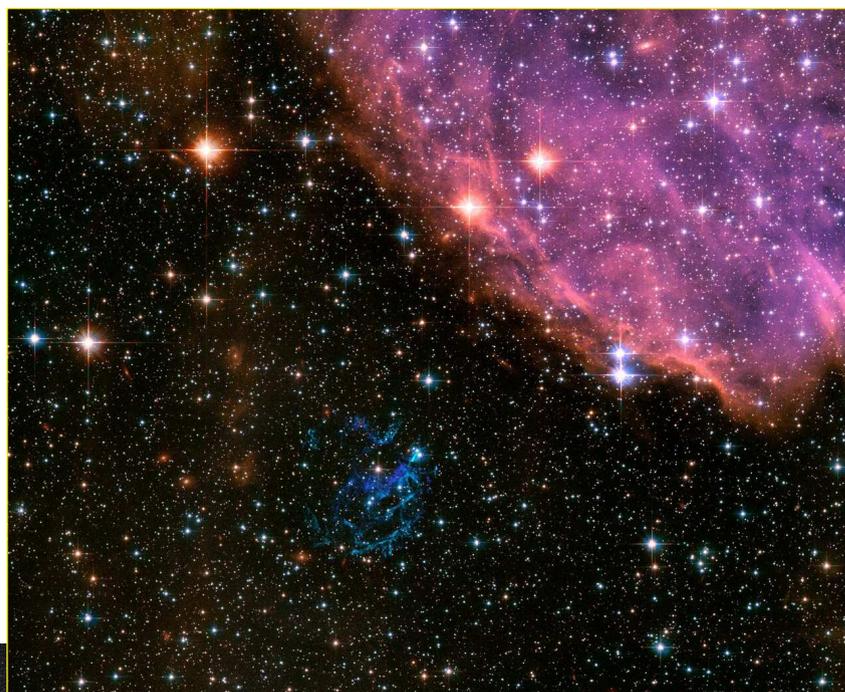
# El Hubble caracteriza una explosión de SN

por NASA/ESA

Bethany Downer

traducido por José Carlos Millán

El telescopio espacial Hubble ha observado el remanente de supernova llamado 1E 0102.2-7219. Los investigadores han utilizado las imágenes del Hubble de este remanente para hacer retroceder el reloj en los restos en expansión de la explosión de esta estrella con la esperanza de comprender el evento de supernova que lo causó hace 1700 años. La estrella estudiada, que explotó hace mucho tiempo, pertenece a la Pequeña Nube de Magallanes, una galaxia satélite de nuestra Vía Láctea ubicada aproximadamente a 200 000 años luz de distancia. La estrella condenada dejó un cadáver ga-



seoso en expansión, un remanente de supernova, conocido como 1E 0102.2-7219.

Debido a que los nudos gaseosos en este remanente de supernova se mueven a diferentes velocidades y direcciones desde la explosión, los que se mueven hacia la Tierra aparecen de color azul en esta composición y

**I**zquierda: Se muestra la región del cielo alrededor del remanente de supernova 1E 0102.2-7219. [ESA/Hubble, DSS2. Acknowledgement: Davide De Martin] Arriba: Vista lejana del Hubble del remanente de supernova 1E 0102.2-7219 en 2006. [NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)]

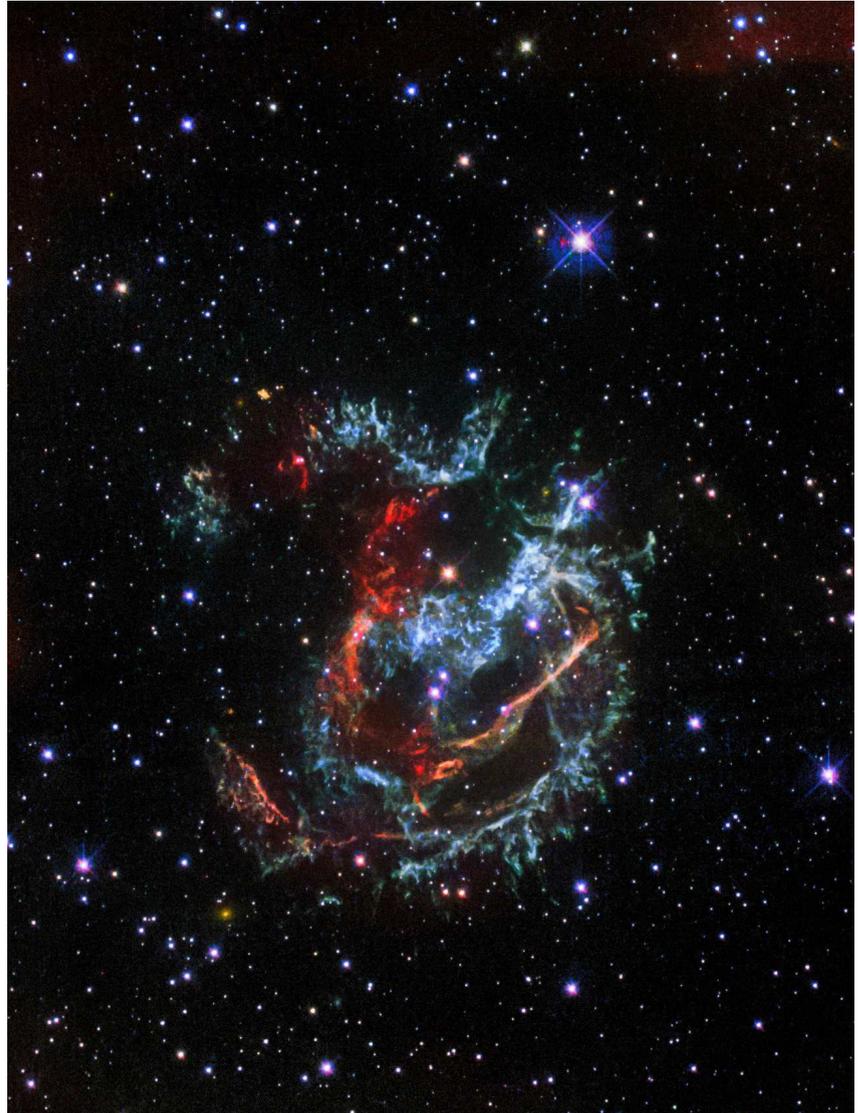
**E**n esta imagen del Hubble se muestra un cadáver gaseoso en expansión, un remanente de supernova, conocido como 1E 0102.2-7219. Es el remanente de una estrella que explotó hace mucho tiempo en la Pequeña Nube de Magallanes, una galaxia satélite de nuestra Vía Láctea situada aproximadamente a 200 000 años luz de distancia. [NASA, ESA, and J. Banovetz and D. Milisavljevic (Purdue University)]

los que se alejan se muestran en rojo. Esta nueva imagen del Hubble muestra estas cintas de gas alejándose del lugar de la explosión a una velocidad promedio de 3,2 millones de kilómetros por hora. A esa velocidad, se podría viajar a la Luna y regresar en 15 minutos. Los investigadores han estudiado el archivo del Hubble en busca de imágenes en luz visible del remanente de supernova y han analizado los datos para calcular una estimación más precisa de la edad y el centro de la explosión.

Según sus nuevas estimaciones, la luz de esta explosión llegó a la Tierra hace 1700 años, durante el declive del Imperio Romano. Esta supernova solo habría sido visible para los habitantes del hemisferio sur de la Tierra. Desafortunadamente, no hay registros conocidos de este titánico evento. Estudios anteriores propusieron fechas para la explosión de 2000 y 1000 años atrás, pero se cree que este nuevo análisis es más exacto.

Para precisar cuándo ocurrió la explosión, los investigadores estudiaron los grupos de eyección ricos en oxígeno en forma de renacuajo arrojados por esta explosión de supernova.

El oxígeno ionizado es un excelente marcador porque brilla más intensamente en la luz visible. Al utilizar la potente resolución del Hubble para identificar los 22 grupos de material eyectado que se mueven más rápido, o nudos, los investigadores determinaron que estos objetivos tenían menos probabilidades de haber sido



ralentizados por el paso a través del material interestelar. Luego reconstruyeron el movimiento de los nudos hacia atrás hasta que la eyección se fusionó en un punto, identificando el lugar de la explosión.

Una vez conocido, se ha podido calcular cuánto han tardado los veloces nudos en viajar desde el centro de la explosión hasta su ubicación actual. El Hubble también midió la velocidad de una supuesta estrella de neutrones – el núcleo aplastado de la

estrella condenada – que fue expulsada por la explosión. Según las estimaciones de los investigadores, debe estar moviéndose a más de 3 millones de kilómetros por hora desde el centro de la explosión para llegar a su posición actual. La presunta estrella de neutrones fue identificada en observaciones con el Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral en Chile, en combinación con datos del Observatorio de rayos X Chandra de la NASA. ■

# Sumergiéndose en un cúmulo galáctico

por NOIRLab - Amanda Hocz

Los astrónomos se refieren a las observaciones “profundas” cuando son imágenes que se obtienen con tiempos de exposición muy largos. Al igual que en la fotografía, esta técnica permite captar mayor cantidad de luz en la imagen final, haciendo posible capturar objetos más tenues y distantes. Este tipo de exposiciones permiten a los astrónomos mirar el Universo en mayor profundidad, de ahí el nombre. Esta imagen profunda de la galaxia espiral NGC 1003, fue tomada con una exposición de 70 minutos utilizando el Telescopio Nicholas U. Mayall de 4 metros, en el Observatorio Nacional de Kitt Peak, un programa del Observatorio AURA y NOIRLab de NSF.

Una impresionante observación de larga exposición de 70 minutos tomada en el Telescopio Nicholas U. Mayall de 4 metros, en el Observatorio Nacional de Kitt Peak, un programa de NOIRLab de NSF, revela la galaxia espiral NGC 1003 en gran detalle. Esta galaxia se ubica frente a un cúmulo de galaxias, una vasta colección de galaxias unidas por la gravedad. El largo tiempo de exposición de esta observación profunda permitió capturar estos cúmulos de galaxias de fondo rojo que generalmente se pasan por alto. [KPNO/NOIRLab/NSF/AURA - Ack: M.T. Patterson (New Mexico State University) - Image processing: Travis Rector (University of Alaska Anchorage), Mahdi Zamani & Davide de Martin]



La galaxia NGC 1003 se encuentra a más de 30 millones de años luz de la Tierra en dirección a la constelación de Perseo, y si bien esta imagen ofrece una instantánea espectacular de la galaxia, es apenas una de varias galaxias captadas en la fotografía. Una inspección más detallada, da cuenta de otras galaxias esparci-

Zoom en NGC 1003 para el comunicado de prensa noirlab2101: Deep Dive into a Galaxy Cluster. [KPNO/NOIRLab/NSF/AURA, S. Brunier/Digitized Sky Survey 2, E. Slawik. Image Processing: Travis Rector (University of Alaska Anchorage), Mahdi Zamani & Davide de Martin]



das por la imagen; desde delicadas galaxias espirales, hasta cientos de galaxias elípticas rojas y borrosas asomándose desde el fondo del encuadre. El tiempo de exposición prolongado permitió capturar con un detalle impresionante estos cúmulos de galaxias, que generalmente se pasan por alto, convirtiendo la imagen posiblemente en una de las más profundas de NGC 1003 jamás capturada. Imágenes profundas como ésta han tenido un rol importante para nuestra comprensión del Universo. En 1995, el Telescopio Espacial Hubble observó por 10 días una pequeñísima porción del cielo para crear el llamado Campo Profundo

del Hubble, que permitió revelar miles de galaxias distintas, demostrando que nuestro Universo es un lugar sorprendentemente multitudinario.

Si bien el equipo de Hubble evitó a propósito las galaxias brillantes para su observación, esta imagen obtenida desde la Tierra está plagada de galaxias de todas las formas y tamaños, configurando un telón de fondo diverso y heterogéneo.

Además de revelar la gran cantidad de galaxias de fondo, el prolongado tiempo de exposición de esta fotografía permitió a los investigadores capturar los débiles confines exteriores de NGC 1003, que están entrela-

zados con filamentos de cúmulos estelares. Igual de llamativo es el corazón brillante de la galaxia, que está rodeado por densas nubes de polvo. NGC 1003 reside frente a un cúmulo galáctico, una vasta colección de galaxias unidas por la gravedad.

Estas estructuras están entre las más masivas conocidas en el Universo y superan al Sol en un factor de mil millones. Así como las estrellas pueden agruparse en cúmulos, y estos cúmulos estelares en galaxias, por su parte las galaxias pueden aglutinarse en cúmulos galácticos e incluso en supércumulos, para construir la estructura a gran escala de nuestro Universo. ■

# Sistema con seis exoplanetas desafía las teorías de la formación planetaria

por ESO - José Miguel Mas Hesse

La primera vez que un equipo de ESO observó TOI-178, una estrella a unos 200 años luz de distancia, en la constelación de Sculptor, pensaron que habían visto dos planetas rodeándola en la misma órbita. Sin embargo, al echar un vistazo más de cerca, vieron algo completamente diferente. *«Tras llevar a cabo más observaciones, nos dimos cuenta de que no había dos planetas orbitando la estrella a aproximadamente la misma distancia de ella, sino más bien múltiples planetas en una configuración muy especial»*, dice Adrien Leleu, de la Universidad de Ginebra y la Universidad de Berna (Suiza), quien ha dirigido un nuevo estudio sobre este sistema publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

La nueva investigación ha revelado que el sistema cuenta con seis exoplanetas y que todos, menos el más cercano a la estrella, son prisioneros de una rítmica danza mientras se mueven en sus órbitas. En otras pala-

bras, están en resonancia. Esto significa que hay patrones que se repiten a medida que los planetas se mueven alrededor de la estrella, haciendo que algunos planetas se alineen cada pocas órbitas. Una resonancia similar se observa en las órbitas de tres de las lunas de Júpiter: Ío, Europa y Ganímedes. Ío, el más cercano de los tres a Júpiter, completa cuatro órbitas alrededor de Júpiter para cada órbita de Ganímedes, la más lenta, y dos órbitas completas por cada órbita de Europa.

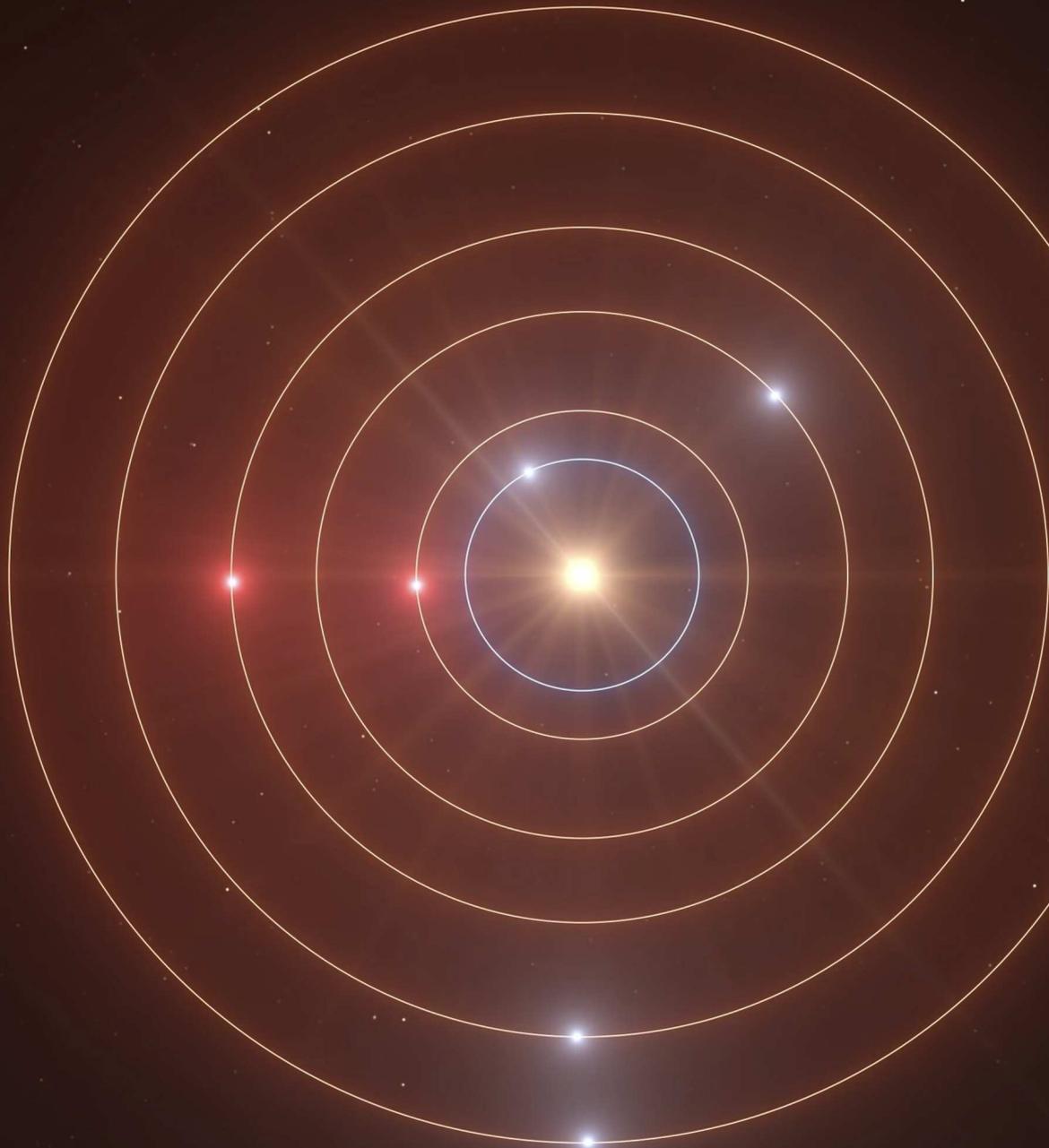
Los cinco exoplanetas exteriores del sistema TOI-178 siguen una cadena de resonancia mucho más compleja, una de las más largas descubiertas hasta ahora en un sistema de planetas. Mientras que las tres lunas de Júpiter están en una resonancia de 4:2:1, los cinco planetas exteriores del sistema TOI-178 siguen una cadena de 18:9:6:4:3, es decir, mientras que el segundo planeta de la estrella (el primero en la cadena de resonancia)



*Esta representación artística muestra la vista desde el planeta del sistema TOI-178 que tiene la órbita más alejada de la estrella. Nuevas investigaciones de Adrien Leleu y sus colegas, llevadas a cabo con varios telescopios, incluyendo el Very Large Telescope de ESO, ha revelado que el sistema cuenta con seis exoplanetas y que todos, menos el más cercano a la estrella, son prisioneros de un ritmo peculiar a medida que se mueven en sus respectivas órbitas. Pero, mientras que el movimiento orbital en este sistema está en armonía, las propiedades físicas de los planetas son más desordenadas, con variaciones significativas en la densidad entre planetas. Este contraste desafía la comprensión de los astrónomos de cómo se forman y evolucionan los planetas. Esta representación artística se basa en los parámetros físicos conocidos de los planetas y la estrella observada y utiliza una vasta base de datos de objetos del universo. [ESO/L. Calçada/spaceengine.org]*

completa 18 órbitas, el tercer planeta desde el principio (segundo en la cadena) completa 9 órbitas, y así sucesivamente. De hecho, inicialmente los científicos sólo encontraron cinco planetas en el sistema, pero siguiendo este ritmo resonante calcularon dónde podría haber otro planeta adicional para buscarlo en cuando dispusieran de una ventana de observación.

Más que una curiosidad orbital, esta danza de planetas resonantes proporciona pistas sobre el pasado del sistema. «Las órbitas de este sistema están muy bien ordenadas, lo que nos dice que este sistema ha evolucionado de una forma suave desde su nacimiento», explica el coautor, Yann Alibert, de la Universidad de Berna. Si el sistema hubiera sufrido perturbaciones importantes en los momentos iniciales de su formación, por ejemplo, por un gran impacto, esta frágil configuración de órbitas no habría sobrevivido.



**R**epresentación artística de las órbitas de los planetas en el sistema TOI-178. [ESO/L. Calçada]

Aunque la disposición de las órbitas sea clara y bien ordenada, las densidades de los planetas «son mucho más desordenadas», afirma Nathan Hara, de la Universidad de Ginebra (Suiza), quien también participó en el estudio. «Parece que hay un planeta tan denso como la Tierra justo al lado de un planeta muy esponjoso, con la

mitad de la densidad de Neptuno, seguido de un planeta con la densidad de Neptuno. No es a lo que estamos acostumbrados.» En nuestro Sistema Solar, por ejemplo, los planetas están perfectamente dispuestos, con los planetas rocosos y más densos más cerca de la estrella central y los esponjosos planetas gaseosos de baja densidad más alejados. Según Leleu, «Este contraste entre la armonía rítmica del movimiento orbital y las densidades desordenadas

desafía sin duda nuestra comprensión de la formación y evolución de los sistemas planetarios».

Para estudiar la inusual arquitectura del sistema, el equipo utilizó datos del satélite CHEOPS, de la Agencia Espacial Europea, junto con el instrumento ESPRESSO, instalado en el telescopio VLT de ESO, y los telescopios NGTS y SPECULOOS, ambos situados en el Observatorio Paranal de ESO, en Chile. Dado que los exoplanetas son extremadamente difíciles de de-

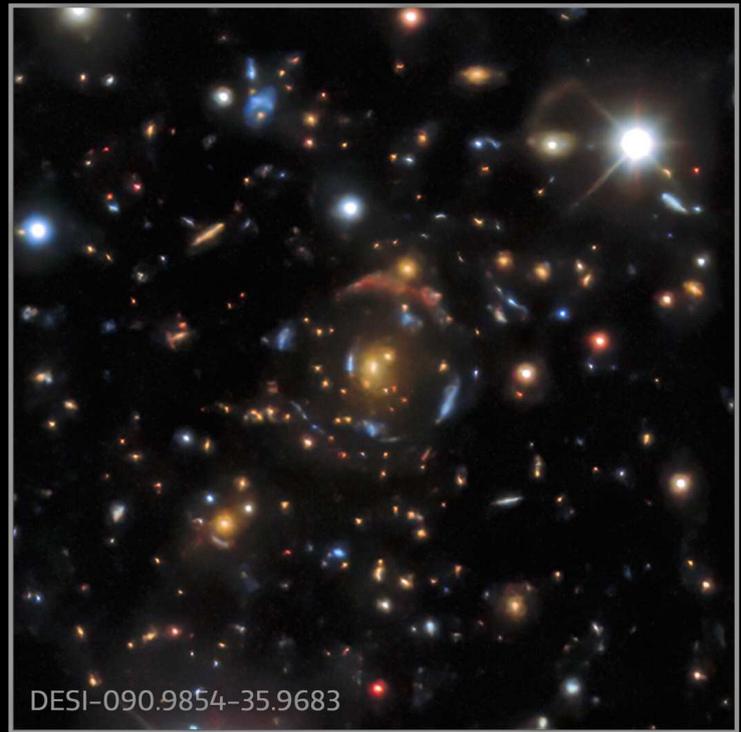
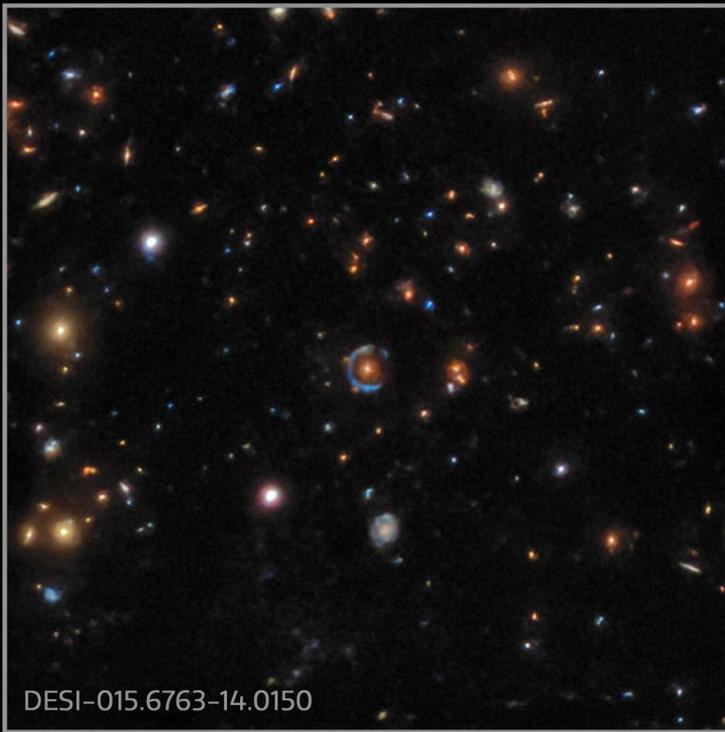


tectar directamente con telescopios, los astrónomos deben confiar en otras técnicas para detectarlos. Los principales métodos utilizados son los tránsitos por imágenes — observando la luz emitida por la estrella central, que se atenúa cuando un exoplaneta pasa delante de ella al observarla desde la Tierra — y las velocidades radiales — observando el espectro de luz de la estrella en busca de pequeños signos de bamboleos que ocurren a medida que los

*Esta animación muestra una representación de las órbitas y movimientos de los planetas del sistema TOI-178. Nuevas investigaciones de Adrien Leleu y sus colegas, llevadas a cabo con varios telescopios, incluyendo el Very Large Telescope de ESO, ha revelado que el sistema cuenta con seis exoplanetas y que todos, menos el más cercano a la estrella, son prisioneros de un ritmo peculiar a medida que se mueven en sus respectivas órbitas (representados en color naranja). En otras palabras, están en resonancia. Esto significa que hay patrones que se repiten a medida que los planetas se mueven alrededor de la estrella, haciendo que algunos planetas se alineen cada pocas órbitas. En esta recreación artística, el movimiento rítmico de los planetas alrededor de la estrella central se representa a través de una armonía musical, creada mediante la atribución de una nota (en la escala pentatónica) a cada uno de los planetas de la cadena de resonancia. Esta nota se reproduce cuando un planeta completa una órbita o media órbita; cuando los planetas se alinean en estos puntos de sus órbitas, suenan en resonancia. [ESO/L. Calçada]*

exoplanetas se mueven en sus órbitas. El equipo utilizó ambos métodos para observar el sistema: CHEOPS, NGTS y SPECULOOS para tránsitos y ESPRESSO para velocidades radiales. Mediante la combinación de las dos técnicas, el equipo fue capaz de recopilar información clave sobre el sistema y sus planetas, que orbitan su estrella central mucho más cerca y mucho más rápido de lo que la Tierra orbita el Sol. El más rápido (el planeta más interior) completa una órbita en sólo un par de días, mientras que el más lento tarda unas diez veces más. Los seis planetas tienen tamaños que van desde aproximadamente uno hasta aproximadamente tres veces el tamaño de la Tierra, mientras que sus masas son de 1,5 a 8 veces la masa de la Tierra. Algunos de los planetas son rocosos, pero más

grandes que la Tierra — estos planetas se conocen como Supertierras. Otros son planetas gaseosos, como los planetas exteriores de nuestro Sistema Solar, pero son mucho más pequeños (los apodados minineptunos). Aunque ninguno de los seis exoplanetas encontrados se encuentra en la zona habitable de la estrella, los investigadores sugieren que, al continuar con la cadena de resonancia, podrían encontrar más planetas en esa zona o muy cerca. El Telescopio Extremadamente Grande (ELT) de ESO, que comenzará a funcionar esta década, podrá obtener imágenes directas de exoplanetas rocosos en la zona habitable de una estrella e incluso caracterizar sus atmósferas, proporcionándonos una oportunidad para conocer con mayor detalle sistemas como TOI-178. ■



# Se dobla la cantidad de lentes gravitacionales conocidas

por NOIRLab - Amanda Hocz

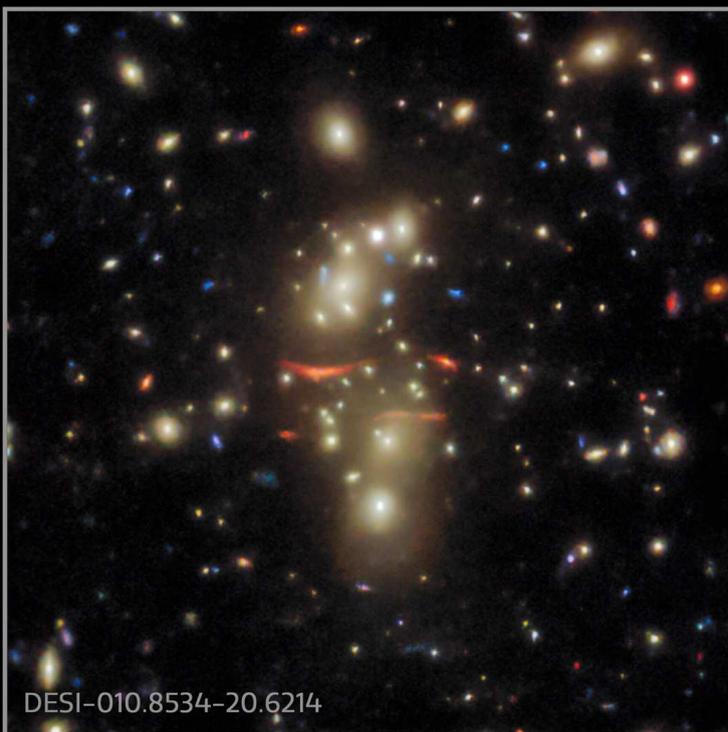
**A**strónomos que buscaban lentes gravitacionales utilizaron técnicas de machine learning para inspeccionar un enorme set de datos conocido como DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) Legacy Imaging Surveys, y revelar 1210 nuevos lentes gravitacionales. Todos los datos fueron obtenidos en Cerro Tololo (CTIO) y el Observatorio Nacional de Kitt Peak (KPNO), ambos programas de Observatorio AURA y NOIRLab de NSF. Los lentes gravitacionales están ampliamente asociados con la teoría General de la Relatividad de Einstein que dice que un objeto muy masivo, como por ejemplo un cúmulo de galaxias, puede deformar el espacio-tiempo. Algunos científicos, incluyendo Einstein, predijeron que esta distorsión del espacio y el tiempo se po-

drían observar como la luz de una galaxia de fondo estirada y deformada por un cúmulo de galaxias situadas delante de ella. Las lentes se ven en las imágenes como manchas y líneas curvas alrededor de estos cúmulos galácticos que están en el primer plano de una fotografía. Se espera que solo una de 10 000 galaxias masivas muestren evidencia de fuertes lentes gravitacionales, y localizarlas está lejos de ser una tarea fácil.

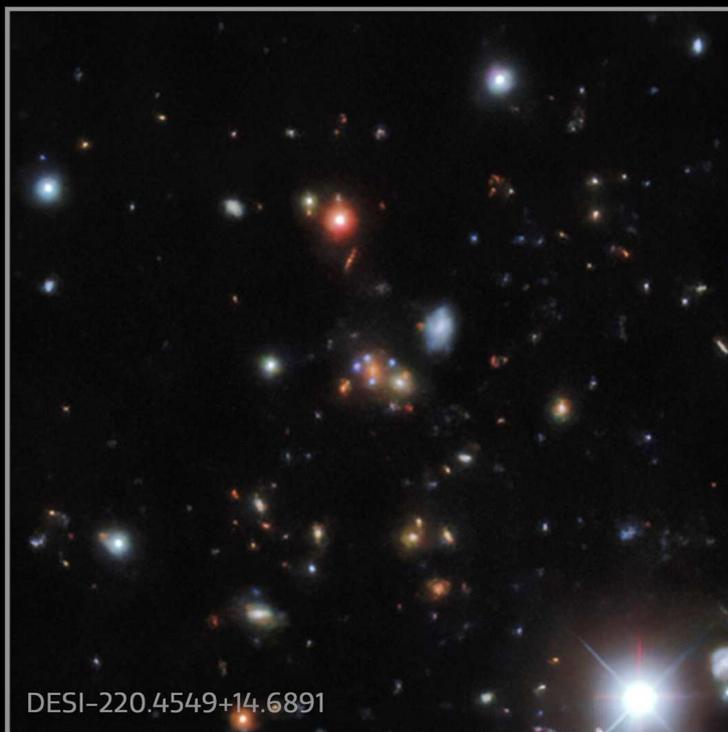
Las lentes gravitacionales permiten a los astrónomos explorar las preguntas más profundas sobre nuestro universo, incluyendo la naturaleza de la materia oscura y el valor de la constante de Hubble, que define la expansión del Universo. Una mayor limitación en el uso de las lentes gravitacionales hasta ahora es el pequeño número de galaxias con lentes. El autor líder del estudio, Xiaosheng Huang de

la Universidad de San Francisco, dijo que «una galaxia masiva deforma el espacio-tiempo alrededor de ésta, pero usualmente no notas este efecto. Sólo cuando la galaxia está escondida detrás de la galaxia gigante es posible observar una lente. Cuando comenzamos este proyecto en 2018, habían sólo 300 lentes confirmadas».

«Como co-autor de la Investigación del Legado DESI me di cuenta que este set de datos sería perfecto para buscar las lentes gravitacionales», explica el co-autor del estudio David Schiegell del Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). «Mi colega Huang recién había terminado de enseñar a una clase de pregrado en machine learning en la Universidad de San Francisco, y juntos nos dimos cuenta que era una oportunidad perfecta para aplicar estas técnicas en una búsqueda de lentes gravitacionales.»



DESI-010.8534-20.6214



DESI-220.4549+14.6891

**E**jemplos de lentes gravitacionales que se encuentran en los datos del DESI Legacy Survey. [DESI Legacy Imaging Surveys/ LBNL/DOE & KPNO/CTIO/NOIRLab/ NSF/AURA]

El estudio de lentes gravitacionales fue posible debido a la disponibilidad de datos científicos del DESI Legacy Imaging Surveys, que fue realizado para identificar objetivos para las operaciones de DESI, y de los cuales el noveno y set final de datos ha sido liberado. Estas investigaciones comprenden una mezcla única de tres proyectos que han observado un tercio del cielo nocturno: el Dark Energy Camera Legacy Survey (DECaLS), observada por la Cámara de Energía Oscura (DECam por sus siglas en inglés) en el telescopio Víctor M. Blanco de 4 metros de Cerro Tololo (CTIO) en Chile; la banda z de Mayall Legacy Survey (MzLS), observada por la cámara de Mosaic3 en el Telescopio de 4 metros de Nicholas U. Mayall en KPNO; y el Beijing-Arizona Sky Survey (BASS) que utilizó la cámara 90Prime del telescopio Bok de 2.3 metros, que es operado por la Universidad de Arizona ubicado en KPNO. «Diseñamos el proyecto de imágenes de Legacy Surveys desde cero como una empresa pública, para que pudiera ser utilizado por cualquier científico», dijo el coautor del estudio Arjun Dey, de NOIRLab de NSF.

«Nuestro estudio ya ha arrojado más de mil lentes gravitacionales nuevos y, sin duda, hay muchos más esperando ser descubiertos.» Los datos de DESI Legacy Imaging Surveys se entregan a la comunidad astronómica a través del Astro Data Lab en el Centro Comunitario de Ciencias y Datos (CSDC por sus siglas en inglés) de NOIRLab. «Proporcionar conjuntos de datos preparados para la ciencia para el descubrimiento y la exploración es fundamental para nuestra misión», dijo el director del CSDC, Adam Bolton. «Las investigaciones de DESI son un recurso clave que la comunidad astronómica puede utilizar durante años para investigaciones como éstas.» Para analizar los datos, Huang y su equipo utilizaron la supercomputadora NERSC en LBNL. «Las investigaciones de DESI Legacy Imaging Surveys fueron absolutamente cruciales para este estudio; no sólo los telescopios, los instrumentos y las instalaciones, sino también la reducción de datos y la extracción de fuentes», explica Huang. «La combinación de la amplitud y profundidad de las observaciones es incomparable.» Con la enorme cantidad de datos científicos listos para trabajar, los investigadores recurrieron a un tipo de aprendizaje automático conocido como una red neuronal residual profunda. Las redes neuronales son sistemas informáticos que son algo

comparables a un cerebro humano y se utilizan para resolver problemas de inteligencia artificial. Las redes neuronales profundas tienen muchas capas que colectivamente pueden decidir si un objeto candidato pertenece a un grupo en particular. Sin embargo, para poder hacer esto, las redes neuronales deben estar entrenadas para reconocer los objetos en cuestión. Con la gran cantidad de candidatas de lentes gravitacionales a la mano, los investigadores ahora pueden realizar nuevas mediciones de parámetros cosmológicos como la constante de Hubble. La clave será detectar una supernova en la galaxia de fondo, que, cuando se distorsiona una galaxia en primer plano, aparecerá como múltiples puntos de luz. Ahora que los astrónomos saben qué galaxias muestran evidencia de lentes fuertes, saben dónde buscar. Instalaciones como el Observatorio Vera C. Rubin va a monitorear objetos como estos como parte de su misión, permitiendo que cualquier supernova sea medida rápidamente por las instalaciones de NOIRLab y otras. Los estudiantes de pregrado jugaron un papel importante en el proyecto desde su inicio. El estudiante Andi Gu expresó: «Mi papel en el proyecto me ha ayudado a desarrollar varias habilidades que creo que serán clave para mi futura carrera académica». ■

# El Hubble muestra seis fusiones de galaxias

por NASA/ESA

Bethany Downer

traducido por Miguel Sánchez

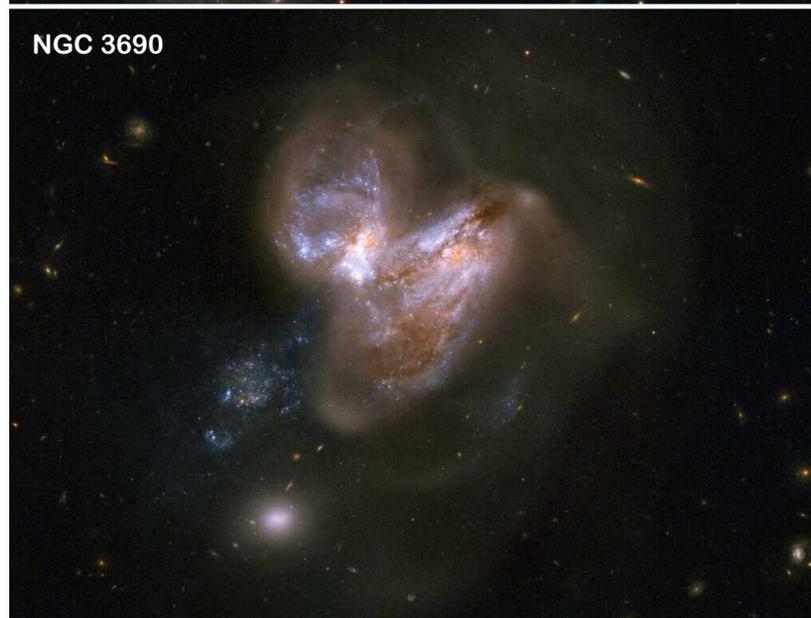
Para celebrar un nuevo año, el equipo del telescopio espacial Hubble ha publicado un montaje de seis hermosas fusiones de galaxias. Cada uno de estos sistemas en fusión fue estudiado como parte del reciente estudio de la Sonda de Imágenes de Entornos Extremos y Cúmulos de Hubble (HiPEEC son sus siglas en inglés) para investigar la tasa de nuevas estrellas en formación dentro de tales sistemas. Estas interacciones son un aspecto clave de la evolución de las galaxias y se encuentran entre los eventos más espectaculares de la vida de una galaxia. Durante los raros eventos de fusión es cuando las galaxias experimentan cambios dramáticos en su apariencia y contenido estelar. Estos sistemas son excelentes laboratorios para rastrear la formación de cúmulos estelares en condiciones físicas extremas. La Vía Láctea típicamente forma cúmulos de estrellas con masas que son 10 000 veces la masa de nuestro Sol. Esto no es comparable a las masas de los cúmulos de estrellas que se forman en las galaxias en colisión, que pueden alcanzar millones de veces la masa de nuestro Sol. Estos densos sistemas estelares también son muy luminosos. Incluso después de la colisión, cuando el sistema galáctico resultante comienza a desvanecerse en una fase más inactiva, estos cúmulos estelares muy masivos brillarán en toda su galaxia anfitriona, como testigos duraderos de pasados eventos de fusión. Al estudiar las seis



NGC 3256



NGC 1614



NGC 3690

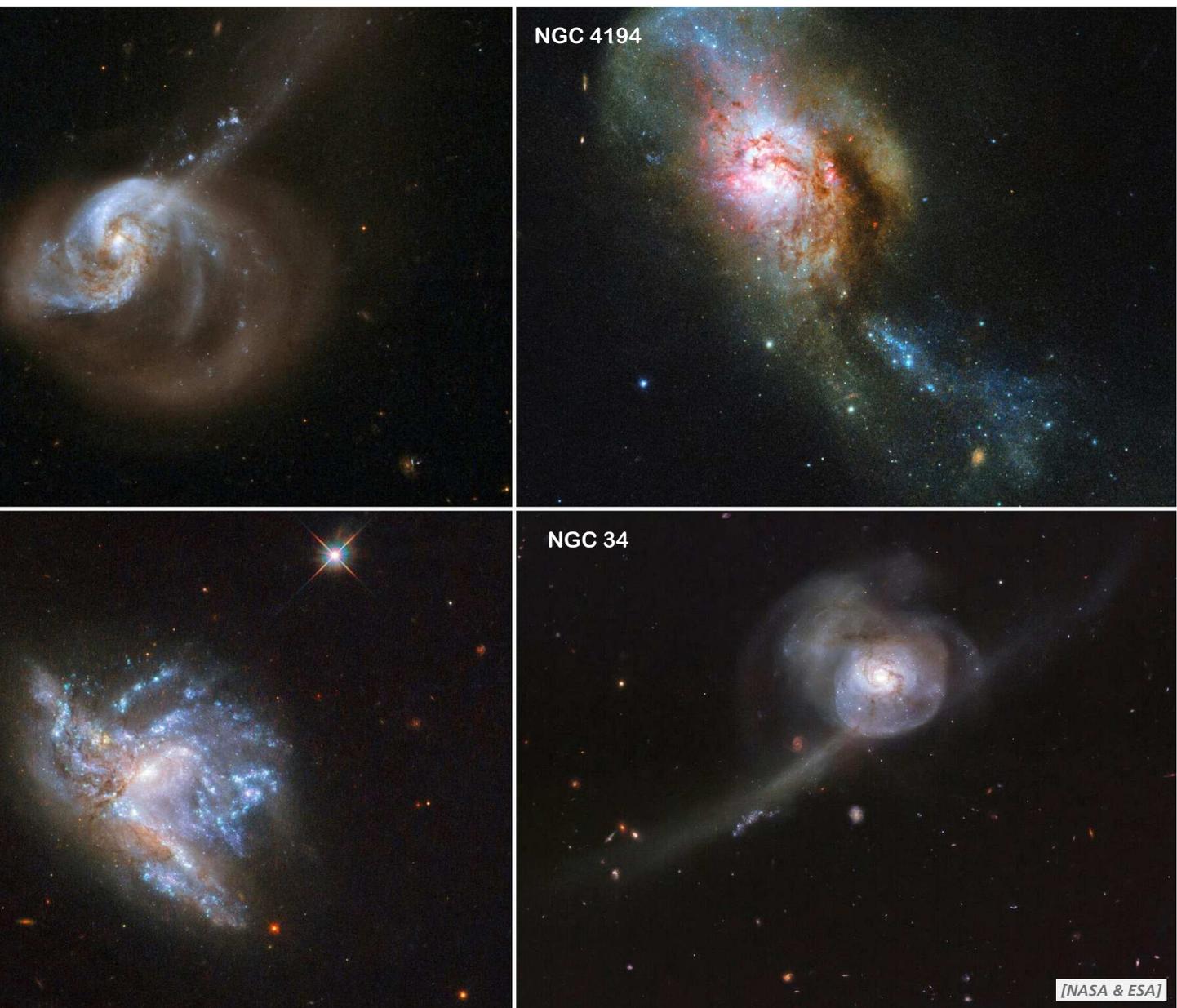


NGC 6052

fusiones de galaxias que se muestran aquí, el estudio de la Sonda de Imágenes de Entornos Extremos y Cúmulos de Hubble (HiPEEC) ha investigado cómo los cúmulos de estrellas se ven afectados durante las colisiones por cambios rápidos que aumentan drásticamente la velocidad a la que se forman nuevas estrellas en es-

tas galaxias. Las capacidades del Hubble han hecho posible resolver grandes "nudos" de formación estelar en numerosos cúmulos compactos de estrellas jóvenes. Las observaciones en ultravioleta e infrarrojo cercano del Hubble en estos sistemas se han utilizado para deducir las edades, masas y extinciones de los cúmulos estelares

y para analizar la tasa de formación de estrellas dentro de estas seis galaxias fusionadas. El estudio de HiPEEC revela que las poblaciones de cúmulos de estrellas experimentan grandes y rápidas variaciones en sus propiedades, con los cúmulos más masivos formándose hacia el final de la fase de fusión. ■



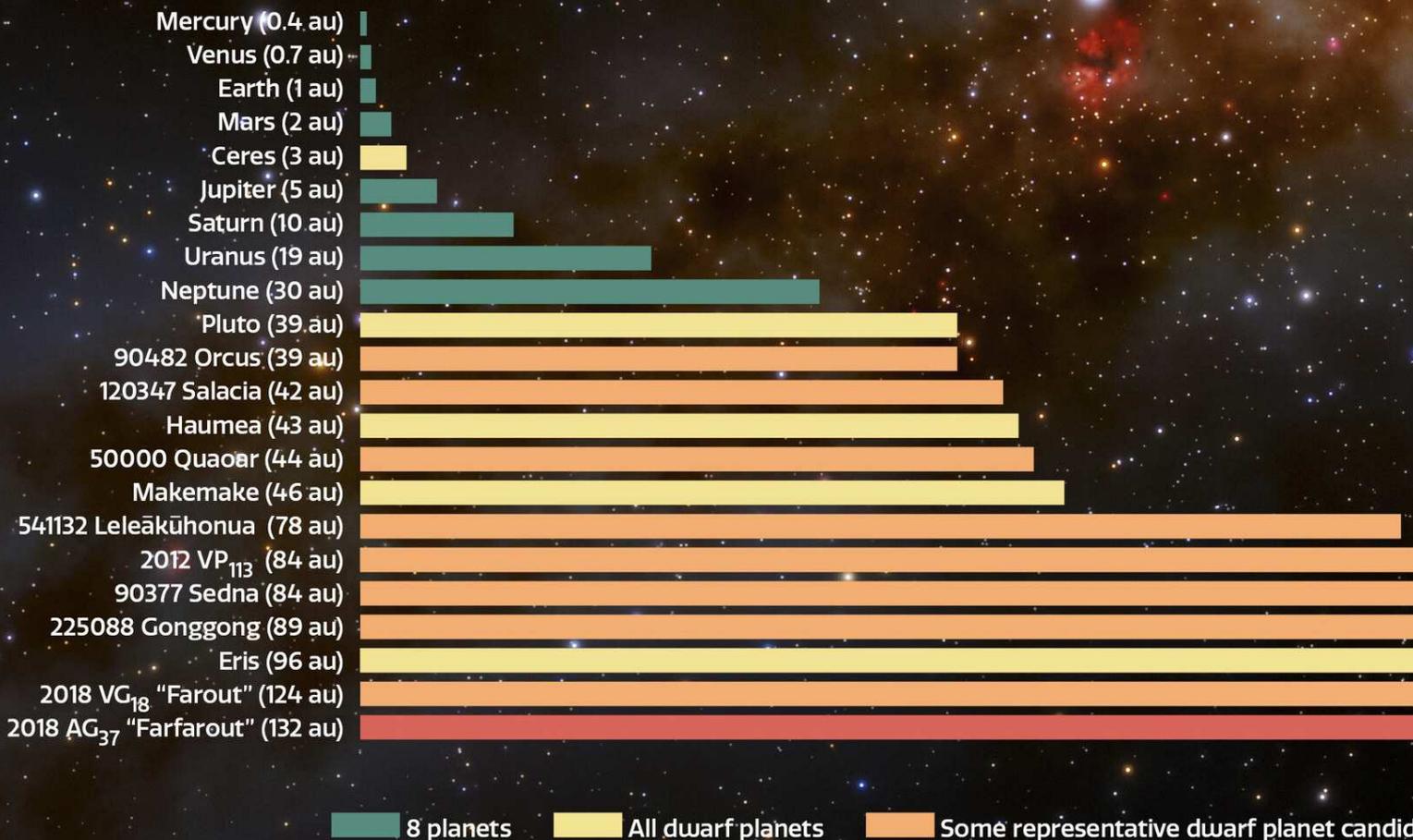
# Confirmado el objeto conocido más distante del Sistema Solar

por NOIRLab - Amanda Hocz

Con la ayuda del telescopio Gemini, un programa de NOIRLab de NSF y AURA, y otros telescopios terrestres, los astrónomos han confirmado que un objeto

débil descubierto en 2018 y apodado "Farfarout" o "muy muy lejano" es ciertamente el objeto más distante encontrado hasta ahora en nuestro Sistema Solar.

Farfarout fue visto por primera vez en enero 2018 por el Telescopio Subaru ubicado en Maunakea en Hawái. Sus descubridores sabían que se encontraba realmente muy lejos,



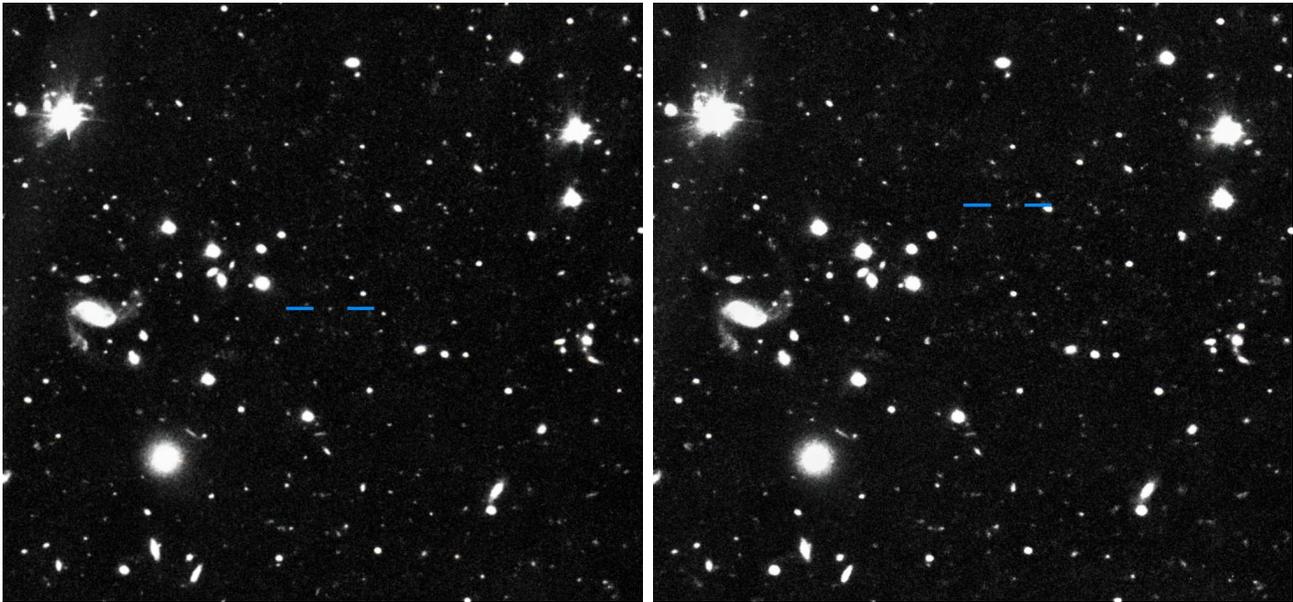
pero no estaban seguros de la distancia exacta a la que estaba. Era necesario obtener más observaciones para determinarlo.

«En ese momento no sabíamos la órbita del objeto, ya que sólo teníamos las observaciones del descubrimiento de Subaru durante 24 horas, pero se necesitan años de observaciones para derivar la órbita de un objeto alrededor del Sol», explicó el co-descubridor Scott Sheppard de la Carnegie Institution for

Science. «Todo lo que sabíamos era que el objeto parecía estar muy distante en el momento del descubrimiento.»

Sheppard y sus colegas, David Tholen de la Hawaii University y Chad Trujillo de la Northern Arizona University, pasaron los próximos años observando el objeto con el telescopio Gemini Norte (también en Maunakea en Hawaii) y los Telescopios de Magallanes en Chile, de la Carnegie Institution for Science, para de-

**E**sta ilustración muestra el objeto más distante encontrado hasta ahora en nuestro Sistema Solar, apodado "Farfarout", en la parte inferior derecha. En la parte inferior izquierda, un gráfico muestra las distancias de los planetas, planetas enanos, candidatos a planetas enanos y Farfarout desde el Sol en unidades astronómicas (au). Un au es igual a la distancia promedio de la Tierra al Sol. Farfarout está a 132 au del Sol. [NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva]



Estas imágenes de descubrimiento de Farfarout (2018 AG<sub>37</sub>) fueron tomadas con el Telescopio Subaru en las noches del 15 y 16 de enero de 2018, hora universal (UT). Al comparar las imágenes entre sí, es posible ver que Farfarout (marcado por líneas horizontales azules) se mueve mientras que las estrellas y galaxias del fondo no lo hacen. [S. Sheppard]

terminar su órbita. Ellos ahora han confirmado que Farfarout se encuentra actualmente a 132 unidades astronómicas (au) del Sol, lo que equivale a 132 veces la distancia del Sol a la Tierra. (A modo de comparación, en promedio Plutón está a 39 au del Sol). Farfarout es incluso más remoto que el anterior poseedor del récord de distancia del Sistema Solar, que fue descubierto por el mismo equipo y apodado "Farout" o "muy lejano". Farout, designado provisionalmente como 2018 VG<sub>18</sub>, está a 124 au del Sol.

Sin embargo, la órbita de Farfarout es bastante alargada, llevándolo a 175 au del Sol en su punto más lejano y alrededor de 27 au en su punto más cercano, llegando a encontrarse dentro de la órbita de Neptuno. Debido a que su órbita cruza la de Neptuno, Farfarout podría proporcionar información sobre la historia del Sistema Solar exterior. «Es probable que Farfarout fuera arrojado al exterior del Sistema Solar

al acercarse demasiado a Neptuno en un pasado distante», señaló Trujillo. «Es probable que nuevamente en el futuro Farfarout interactúe fuertemente con Neptuno, ya que sus órbitas aún se intersectan.»

Farfarout es muy débil. Basado en su brillo y distancia con el Sol, el equipo estima que tiene unos 400 kilómetros (250 millas) de ancho, lo que lo sitúa en el extremo inferior de ser considerado planeta enano por la Unión Astronómica Internacional (AUI).

El Centro de Planetas Menores de AUI en Massachusetts anunció que le ha entregado a Farfarout la designación provisional de 2018 AG<sub>37</sub>. El objeto más distante conocido del Sistema Solar recibirá un nombre oficial después de que se recopilen más observaciones y su órbita se vuelva aún más refinada en los próximos años. «Farfarout tarda un milenio en dar una vuelta al Sol», señaló Tholen. «Debido a esto, se mueve muy lentamente por el cielo,

lo que requiere varios años de observaciones para determinar con precisión su trayectoria.»

Los descubridores de Farfarout confían en que aún quedan objetos más distantes por descubrir en las afueras del Sistema Solar, y que su registro de distancia podría no durar mucho.

«El descubrimiento de Farfarout muestra nuestra creciente capacidad para mapear el exterior del Sistema Solar y observar cada vez más lejos hacia los límites de nuestro Sistema Solar», dijo Sheppard. «Sólo con los avances en los últimos años de las cámaras digitales en telescopios muy grandes ha sido posible descubrir de manera eficiente objetos muy distantes como Farfarout. Aunque algunos de estos objetos distantes son bastante grandes – del tamaño de planetas enanos – son muy débiles debido a sus distancias extremas del Sol. Farfarout es sólo la punta del iceberg de los objetos en un Sistema Solar muy distante.» ■

COURMAYEUR  
MONT BLANC

Région Autonome  
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma  
Valle d'Aosta



# SKYWAY MONTE BIANCO

*Teleféricos del Monte Bianco: el sueño de acercar al hombre a la montaña y al cielo.*

*Una construcción que desafía las leyes de la naturaleza, desde donde se pierde la vista.  
Una idea que nos permite ampliar horizontes y superar fronteras.  
Todo esto es Skyway Monte Bianco.*

[www.montebianco.com/en](http://www.montebianco.com/en)



# NORTHEX

INSTRUMENTS - COMPOSITES - OPTICS

[www.northeek.it](http://www.northeek.it)

[www.facebook.com/northeek.it](http://www.facebook.com/northeek.it)

[info@northeek.it](mailto:info@northeek.it)

phone +39 01599521



## Dall-Kirkham

- óptica SCHOTT Supremax 33
- diámetro óptico 355 mm
- diámetro útil 350 mm
- longitud focal 7000 mm
- relación focal f/20
- celda de 18 puntos flotantes
- enfocador Feather Touch 2.5"

## Ritchey-Chrétien

- óptica SCHOTT Supremax 33
- diámetro óptico 355 mm
- diámetro útil 350 mm
- longitud focal 2800 mm
- relación focal f/8
- celda de 18 puntos flotantes
- enfocador personalizado

## Cassegrain

- óptica SCHOTT Supremax 33
- diámetro óptico 355 mm
- diámetro útil 350 mm
- longitud focal 5250 mm
- relación focal f/15
- celda de 18 puntos flotantes
- enfocador Feather Touch 2.5"

