

68

OCTUBRE DE 2022  
revista.iaa.es

# IAA

Información y actualidad astronómica

Revista de divulgación del Instituto de Astrofísica de Andalucía

## La factoría de estrellas del centro de la Vía Láctea



CSIC

Imagen de la región central de la Vía Láctea obtenida por el proyecto GALACTICNUCLEUS. La imagen se obtuvo con el instrumento HAWKI (VLT, Chile) utilizando los filtros J, H y Ks en el infrarrojo cercano. Crédito: ESO/Nogueras-Lara et al.

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

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

La página web de esta revista ha sido financiada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA).

Copyright: © 2018 CSIC. Esta es una revista de acceso abierto distribuida bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Instituto de Astrofísica de Andalucía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Excelencia Severo Ochoa 07/2018 - 07/2022

NIPO: 833-20-069-5  
e-NIPO: 833-20-070-8  
Depósito legal: GR-605/2000  
ISSN: 1576-5598



# SUMARIO

En busca de las estrellas perdidas del centro de la Vía Láctea ...	3
No solo Thor dispara rayos de tormenta ...	8
Historias ... ¿Qué podría salir mal? ...	10
Deconstrucción. Las mujeres de la Luna ...	12
El Moby Dick de ... Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC) ...	11
Actualidad ...	16

## El IAA-CSIC participa en ARRAKIHS, la misión de la Agencia Espacial Europea para el estudio de la materia oscura

ARRAKIHS es la primera misión del Programa Científico de la ESA liderada desde España, cuyo principal objetivo reside en el estudio de la materia oscura, un tipo de materia que ni emite

ni refleja luz y que podría ser hasta cinco veces más abundante que la materia ordinaria (la que forma las galaxias, las estrellas y los planetas). La materia oscura solo se detecta a tra-

vés de sus efectos gravitatorios, y ARRAKIHS estudiará estos efectos sobre las galaxias satélite que giran en torno a galaxias mayores, como la Vía Láctea. Liderada por el Instituto de

Física de Cantabria (IFCA), el IAA-CSIC lidera la coordinación de la estrategia observacional de la misión, incluyendo las pruebas previas en tierra antes del lanzamiento.

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

## En busca de las estrellas jóvenes perdidas en el centro de la Galaxia

**EL CENTRO DE NUESTRA GALAXIA CONSTITUYE UN ENTORNO DE EXTREMOS, Y GRACIAS AL PROYECTO GALACTICNUCLEUS COMENZAMOS A COMPRENDER CÓMO SE FORMAN LAS ESTRELLAS EN UNA REGIÓN TAN DENSAMENTE POBLADA**

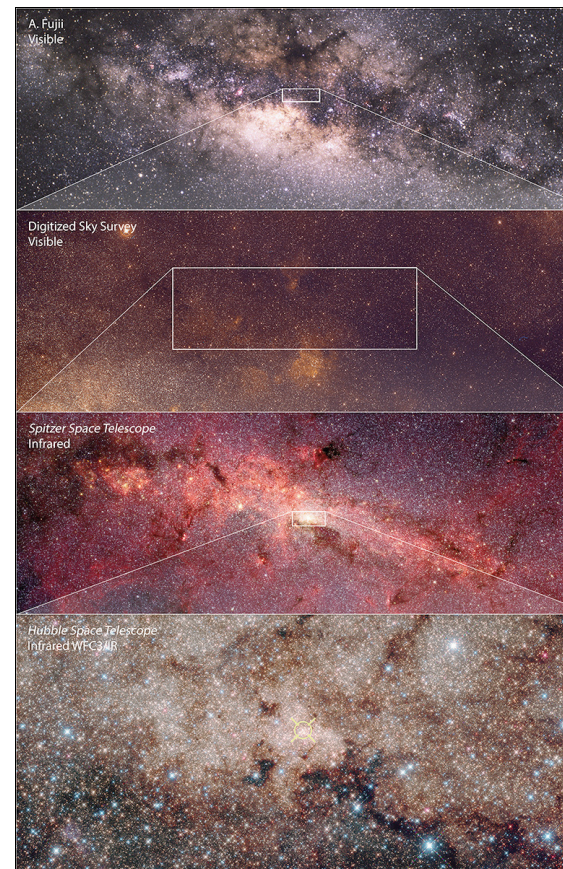
Francisco Nogueras Lara  
(Instituto Max Planck de Astronomía, MPIA)

El centro de la Vía Láctea es el núcleo galáctico más cercano a la Tierra y el único en el que es posible observar estrellas individuales con gran precisión. Situado a solo 26000 años luz, constituye un modelo fundamental para entender cómo funcionan los centros de las galaxias y cómo pueden influir en la evolución de las mismas. El núcleo de nuestra Galaxia es una región extrema dominada por altas densidades estelares, la presencia de fuertes campos magnéticos, intensas fuerzas de marea y una alta temperatura del medio interestelar. Además del agujero negro supermasivo, Sagitario A\*, el centro galáctico está formado por dos componentes estelares fundamentales. En primer lugar, la región central se halla dominada por un cúmulo con una masa de varias decenas de millones de

soles y un radio de unos quince años luz, conocido como cúmulo nuclear estelar. Además, rodeando a este cúmulo se encuentra una estructura estelar aplastada, el disco estelar nuclear, que se extiende aproximadamente unos mil años luz y contiene una masa de más de mil millones de masas solares.

El centro de la galaxia ha sido recientemente foco de gran interés gracias a la observación del horizonte de sucesos de Sagitario A\* por el Telescopio de Horizonte de Sucesos (EHT, por sus siglas en inglés). Además, el descubrimiento de la presencia de un agujero negro supermasivo en el corazón de la Vía Láctea fue galardonado con el premio Nobel de física en 2020, concedido a Andrea M. Ghez y Reinhard Genzel. Sin embargo, más allá de Sagitario A\* hay toda una población de estrellas que se extiende desde sus proximidades hasta varios cientos de años luz a su alrededor. La caracterización de estas estrellas es fundamental para la astrofísica. Entender la estructura estelar del núcleo de la Galaxia nos ayuda, además, a conocer su relación con otras componentes galácticas tales como la barra, el disco o el halo. En particular, la relación del núcleo con la barra galáctica es de especial importancia puesto que esta permite el transporte de gas hacia las regiones centrales. Así, influye en la formación estelar y el crecimiento de las estructuras internas, por lo que el análisis del centro galáctico aporta información esencial acerca del crecimiento y la formación de la barra.

Sin embargo, existen importantes desafíos observacionales que complican el estudio de las estrellas en el centro galáctico. En primer lugar, la presencia de una enorme cantidad de estrellas provoca que resulte muy difícil distinguir unas de otras. De esta manera, incluso con grandes telescopios con espejos de diez metros de diámetro, únicamente



Esta imagen infrarroja obtenida por el telescopio espacial Hubble muestra la escala del núcleo galáctico. El núcleo de la galaxia (marcado en el centro de la imagen inferior) alberga el agujero negro supermasivo central Sagitario A\*. Crédito: NASA, ESA y Hubble Heritage Team (STScI/AURA) Agradecimientos: T. Do, A.Ghez (UCLA), V. Bajaj (STScI).

somos capaces de observar las estrellas más brillantes, que solo constituyen la punta del iceberg de la población estelar. Además, el estudio del núcleo de la galaxia desde dentro de la misma es un gran problema. En este sentido, las observaciones del centro galáctico también contienen una gran cantidad de estrellas que no pertenecen al núcleo, sino a otras componentes como el disco o

la barra que se hallan en la línea de visión desde la Tierra al centro de la Galaxia. Distinguir, entonces, cuáles de las estrellas pertenecen realmente al centro galáctico resulta complejo. Finalmente, la luz emitida por las estrellas atraviesa el disco galáctico para poder llegar hasta nosotros, y es rápidamente dispersada por el polvo y el gas intergaláctico situado en el plano de la Galaxia. De esta manera, la observación de las estrellas queda restringida al rango infrarrojo del espectro, donde la pérdida de luz es menor.

La pérdida de luz, o extinción, constituye un problema significativo. El hecho de que las observaciones de la población estelar del núcleo de la Galaxia estén limitadas al rango infrarrojo supone un reto que dificulta enormemente la determinación de las propiedades básicas de las estrellas observadas, tales como su temperatura, su edad, o la proporción de metales, o elementos más pesados que el hidrógeno y el helio, en su composición. Las técnicas estándar, que se sirven del rango visible del espectro y son ampliamente utilizadas para caracterizar las

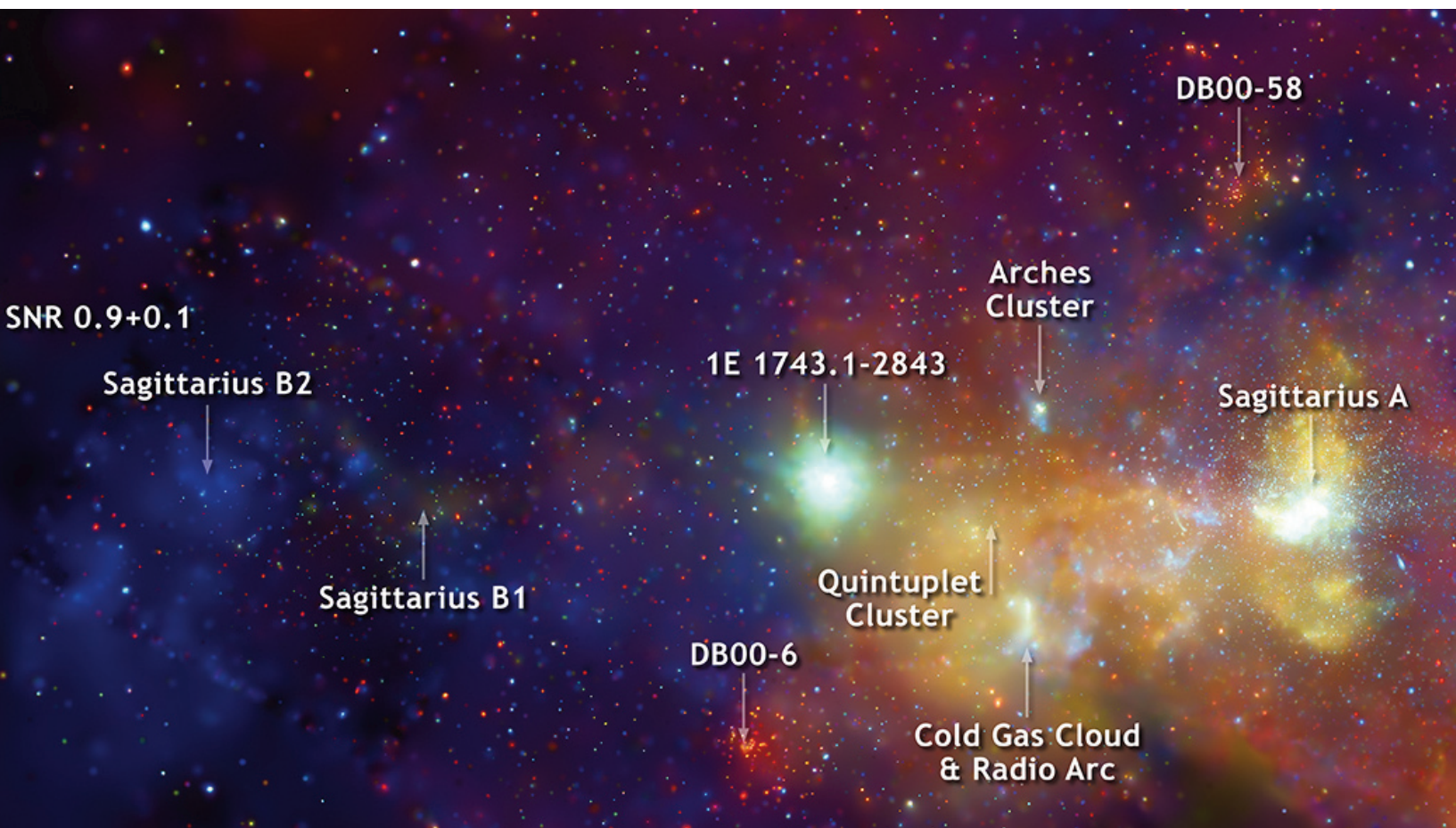
poblaciones estelares de otras regiones de la Galaxia, no son aplicables para el estudio de su núcleo. Así, por ejemplo, si observáramos el centro galáctico directamente con nuestros ojos a través de un potente telescopio, no podríamos ver ninguna estrella que realmente perteneciera al centro de la Galaxia. Solamente alcanzaríamos a ver estrellas cercanas a la Tierra, para las que la extinción no es demasiado alta y la luz en el visible es capaz de llegar hasta nosotros.

Por otra parte, los estudios espectroscópicos de un número significativo de estrellas en esta región de la Galaxia resultan prohibitivos en términos de tiempo de observación y no es posible su desarrollo, salvo para pequeñas regiones que resulten de especial interés. De esta manera, el estudio de la población estelar queda en general limitada a la luz integrada (fotometría) en determinadas bandas en el infrarrojo, que recibimos de cada una de las estrellas que se detectan.

#### EL PROYECTO GALACTICNUCLEUS

Hasta hace muy poco, solamente regio-

tro de la Galaxia habían sido analizadas en detalle. Así, menos del 1% de su superficie total había sido estudiada con la resolución necesaria para caracterizar las estrellas presentes. En 2019, y bajo el liderazgo del Instituto de Astrofísica de Andalucía (investigador principal R. Schödel), se publicó el catálogo estelar fotométrico más completo del centro de la Galaxia en el infrarrojo cercano. Este catálogo, llamado GALACTICNUCLEUS, constituye un gran esfuerzo para caracterizar la población estelar del centro galáctico utilizando longitudes de onda dominadas por la emisión de las estrellas y donde la extinción es menos importante. GALACTICNUCLEUS se diseñó especialmente para la observación del núcleo de la Galaxia teniendo en cuenta las limitaciones observacionales y empleando técnicas para minimizarlas y poder observar el mayor número de estrellas posible en esta complicada región. El catálogo contiene fotometría precisa para más de tres millones de estrellas. Sus imágenes alcanzan una alta resolución angular (equivalente a la nitidez de las imágenes), que mejora en más



de tres veces la resolución angular de cualquier catálogo previo. La resolución lograda es equivalente a poder ver un balón de fútbol en Sevilla desde Granada. De esta forma, GALACTICNUCLEUS constituye a día de hoy una herramienta fundamental para entender el centro de la Galaxia, permitiendo obtener una visión general de la población estelar de sus estructuras internas. Concretamente, una de las preguntas abiertas que se han podido abordar gracias a la existencia de este catálogo se relaciona con la importante presencia de estrellas jóvenes en el centro galáctico.

### UNA FÁBRICA DE ESTRELLAS JÓVENES

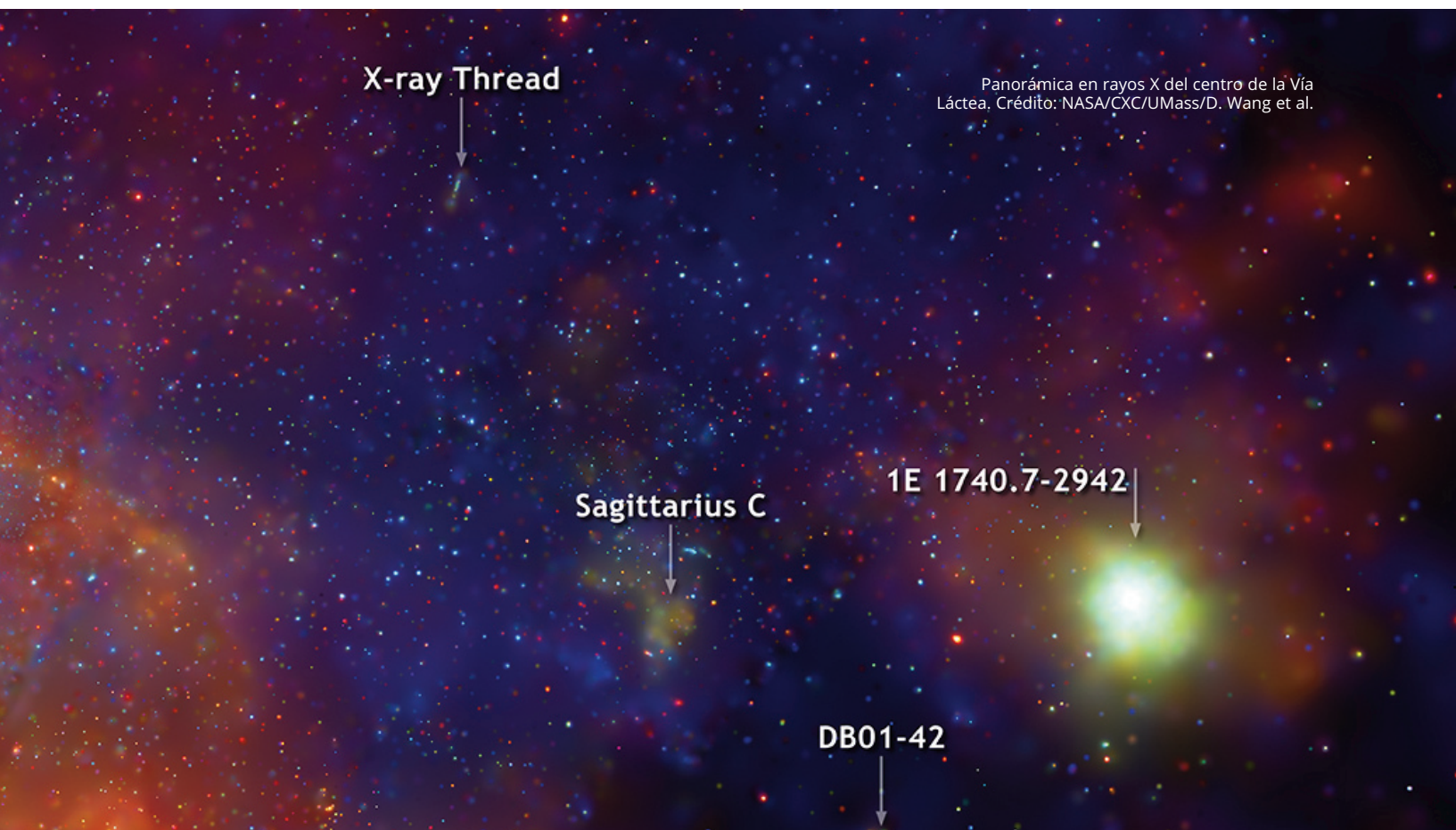
Teniendo en cuenta su pequeño volumen (menos del 1% del volumen total de la Galaxia), el centro galáctico es la región de formación estelar más prolífica de la Vía Láctea (actualmente se forman en él alrededor de 0.1 masas solares por año). Además, la cantidad de estrellas formadas por año parece haber variado mucho, alcanzando valores mucho más elevados en el pasado reciente. Gracias a medidas

indirectas, como la emisión de luz integrada o la presencia de determinadas estrellas que indican formación estelar reciente, sabemos que el centro de la Galaxia contiene varios cientos de miles de masas solares de estrellas jóvenes, con edades comprendidas entre cero y varios millones de años. Sin embargo, debido a las dificultades observacionales, no ha sido aún posible distinguir estas estrellas jóvenes del resto de estrellas viejas, que dominan la región. Solamente se conocen dos cúmulos jóvenes masivos (Arches y Quintuplet), que poseen una masa de alrededor de diez mil masas solares cada uno. Además, se han detectado varias decenas de estrellas jóvenes que no parecen estar asociadas con ningún cúmulo joven. Esto plantea un importante problema. ¿Dónde están las estrellas jóvenes del centro de la Galaxia?

### LA PISTA DE SAGITARIO B1

Una región de particular interés en el centro galáctico es Sagitario B1. Caracterizada por una intensa emisión de hidrógeno ionizado, la presencia de seis estrellas jóvenes conocidas y un rema-

nente de supernova cercano, contiene los ingredientes fundamentales que apuntan hacia la posible presencia de estrellas jóvenes en su interior. Así, nos decidimos a caracterizar la población estelar presente en esta región en un estudio recientemente publicado en *Nature Astronomy*. Para ello, utilizamos los datos disponibles en el catálogo GALACTICNUCLEUS de la región en cuestión. El análisis consistió en el estudio de la luz integrada de las estrellas situadas en Sagitario B1, para compararla con modelos teóricos que nos permitieran determinar la presencia de poblaciones estelares con distintas edades en la región. Nuestro estudio indicó la presencia de una importante cantidad de estrellas jóvenes (con edades menores de sesenta millones de años) en Sagitario B1, cuya masa estimamos en varios cientos de miles de masas solares. Para contrastar nuestros resultados, llevamos a cabo un estudio similar en un campo control suficientemente alejado de la región objetivo, pero dentro del disco estelar nuclear. La presencia de estrellas jóvenes en la región control fue aproximadamente seis veces menor que



Panorámica en rayos X del centro de la Vía Láctea. Crédito: NASA/CXC/UMass/D. Wang et al.

en Sagitario B1, indicando que Sagitario B1 posee una extraordinaria cantidad de estrellas jóvenes en relación a otras regiones del centro de la Galaxia.

Además, realizamos un estudio pormenorizado de una región central dentro de Sagitario B1, en la que la emisión de gas ionizado (probablemente debido a la presencia de estrellas jóvenes), es especialmente intensa. Aplicando la misma técnica, obtuvimos que esta región, de apenas 20 x 20 años luz, contiene aproximadamente cien mil masas solares de estrellas jóvenes, cuyas edades estimamos comprendidas entre cinco y diez millones de años. Esto supone una alta concentración de estrellas jóvenes en un espacio relativamente pequeño, lo que nos informa acerca del proceso de formación estelar en el centro de la Galaxia, y nos indica que las estrellas jóvenes desaparecidas pueden encontrarse en Sagitario B1 y otras regiones similares.

### **HACIA UN NUEVO MODELO DE FORMACIÓN ESTELAR EN EL CENTRO DE LA GALAXIA**

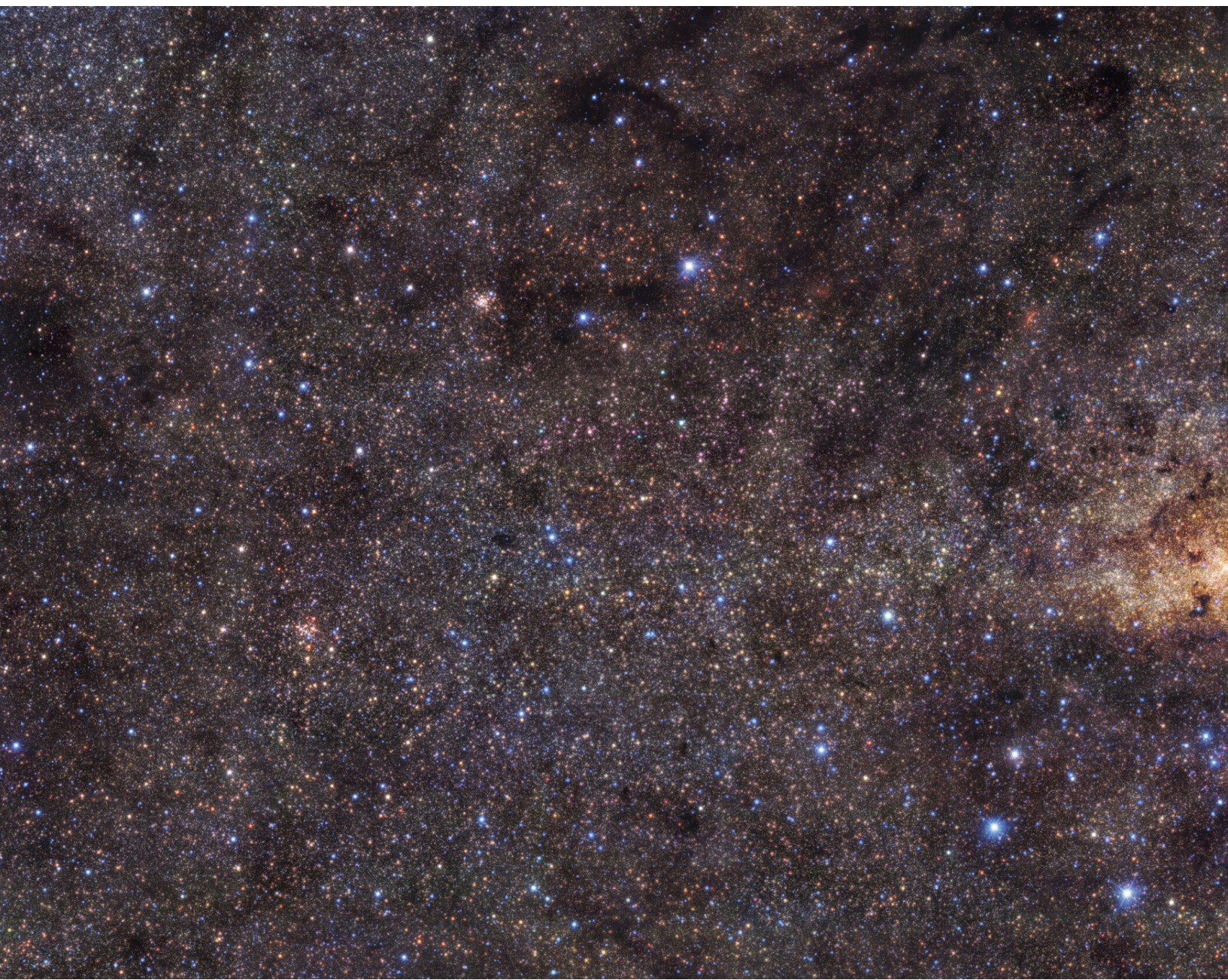
Hasta hace relativamente poco tiempo, se aceptaba en general que las estrellas se formaban en cúmulos a partir de una nube de gas molecular. Sin embargo, recientemente se ha descubierto que las estrellas no solamente se forman en cúmulos densos, sino que tienden a formarse en asociaciones estelares que no están necesariamente ligadas gravitacionalmente. En este escenario, las asociaciones estelares pueden contener cúmulos y, además, estrellas que no estén vinculadas gravitatoriamente con ellos. Nuestros resultados apoyan este mecanismo en el centro galáctico.

De acuerdo con estudios teóricos, el límite superior para la masa de un cúmulo formado en el centro galáctico es aproximadamente diez mil masas solares, lo que se corresponde con las masas de los dos cúmulos jóvenes que se conocen actual-

mente (Arches y Quintuplet). Además, el estudio de regiones conocidas de formación estelar actual en el centro galáctico sugiere que alrededor de un 40% de las estrellas se forman en cúmulos ligados gravitacionalmente. De esta manera, dada la masa de estrellas jóvenes que detectamos en Sagitario B1 (equivalente a alrededor de diez cúmulos como Arches o Quintuplet), al menos parte de las estrellas deberían formar parte de cúmulos. Sin embargo, si estos cúmulos estuvieran presentes, esperaríamos medir altas densidades de estrellas en regiones muy concretas que indicarían su presencia. Analizado la distribución de las estrellas, no encontramos evidencia de estos posibles excesos de estrellas. ¿Cómo puede ser? ¿Por qué no los detectamos?

### **LA VIDA DE UNA ESTRELLA EN EL CENTRO GALÁCTICO**

Desde su formación a partir del gas mole-



cular, las estrellas del centro galáctico no tienen una vida sencilla. El sistema en el que se forman se encuentra rotando alrededor del agujero negro supermasivo y la mayoría, situada en el disco nuclear estelar, tarda aproximadamente cinco millones de años en completar una vuelta completa alrededor del núcleo. En ese tiempo se encuentran con muchas otras estrellas y, lo que es más importante, con grandes nubes densas de gas que provocan que las estrellas que originalmente se formaron relativamente cerca unas de otras, se vayan alejando y vayan cambiando ligeramente sus movimientos. De esta forma, tras unas pocas vueltas, las estrellas se van dispersando y, a pesar de haberse podido originar como parte de un cúmulo denso, se van separando poco a poco hasta que no es posible detectar el cúmulo debido a la alta densidad de estrellas, normalmente más viejas, que lo rodean. La edad de las estrellas jóvenes detecta-

das en las Sagitario B1 supone que estas han tenido tiempo para dar, al menos, una o dos vueltas alrededor del centro de la Galaxia. Por lo tanto, estas estrellas no se han formado en la región en las que hoy las vemos, sino que se formaron hace cinco o diez millones de años y se han ido moviendo, rotando alrededor del centro galáctico. Así, nuestros resultados nos ayudan a tener una estimación acerca del tiempo de dispersión de los cúmulos y las asociaciones estelares desde que se forman en el centro de la Galaxia. Dada la edad de las estrellas jóvenes que detectamos, sabemos que pasados unos cinco o diez millones de años desde su formación, no es posible distinguir la presencia de cúmulos estelares jóvenes en el centro de la Galaxia, debido a la rápida dispersión de sus estrellas. Esta es otra de las causas por las que aún, a día de hoy, parte de las estrellas jóvenes siguen perdidas en el centro de la Galaxia.

## ¿DÓNDE ESTÁN LAS ESTRELLAS JÓVENES?

Nuestro estudio ha permitido encontrar una población importante de estrellas jóvenes que nos ayuda a comprender el problema de las estrellas perdidas en el centro galáctico. Pero, lo que es más importante, ha arrojado luz acerca del proceso de formación de las estrellas como asociaciones estelares, y no solo cúmulos, y nos ha ayudado a entender la dispersión de estas estructuras a lo largo del tiempo mientras que orbitan el núcleo de la Galaxia. Nuestros resultados sugieren que hay más regiones ocultas, similares a Sagitario B1, que contienen el resto de estrellas jóvenes que están esperando a ser descubiertas. El desarrollo de nuevos instrumentos de observación y de telescopios más potentes será fundamental para completar esta búsqueda de las estrellas jóvenes y poder tener una visión general de la formación estelar en la región más extrema de toda la Vía Láctea.



Imagen de la región central de la Vía Láctea obtenida por el proyecto GALACTICNUCLEUS. Las dimensiones de la imagen corresponden con 270x114 años luz. La imagen se obtuvo con el instrumento HAWKI (VLT, Chile) utilizando los filtros J, H y Ks en el infrarrojo cercano. Crédito: ESO/Nogueras-Lara et al.

## No solo Thor dispara rayos de tormenta

**EL CONTROL DEL CLIMA HA SIDO SIEMPRE UNO DE LOS RETOS MÁS DESAFIANTES DE LA HUMANIDAD. ENTRE LOS DESAFÍOS CUMPLIDOS ESTÁ FABRICAR RAYOS DE TORMENTA A VOLUNTAD**

María Passas Varo (IAA-CSIC)

Ya desde el 2000 a.C., en la mitología de casi todas las culturas encontramos deidades que controlan los fenómenos meteorológicos. Entonces eran fenómenos inexplicables e impredecibles, así que no podían tratarse de otra cosa que obras de un ser superior.

Entre los más sonados dioses de los rayos y las tormentas tenemos a Indra en la India; a Júpiter en Roma; a Perun en la cultura eslava; a Perkūnas en el báltico; a Taranis en la cultura celta; a Zeus en la griega; a Tláloc, Illapa y Huracán en las culturas azteca, inca y maya, y a Thor en la escandinava. Y nos quedamos con este último porque, gracias al universo Marvel, el público general conoce al superhéroe inspirado en la deidad nórdica que cuando golpea su martillo genera rayos a voluntad. Y eso mola mucho.

Lo que no imaginaron en la antigüedad, ni tampoco en Marvel, es que hoy en día disparar rayos a voluntad es una realidad, y no se necesita ningún martillo Mjöllnir.

### **LOS RAYOS INFLUYEN EN EL CAMBIO CLIMÁTICO**

A diferencia de Thor y compañía, el



Rayo disparado en el *International Center for Lightning research and testing* de la Universidad de Florida.

motivo de que en la actualidad se disparan rayos artificiales no es bélico ni destructivo, sino científico y creativo. Hoy disparamos rayos para poder estudiar y comprender la física, la química y la electrodinámica inherente a los mismos. Los rayos son descargas violentas de electricidad estática en forma de plasma. Son la principal fuente natural de emisiones de óxidos de nitrógeno a la atmósfera, que son gases indirectos de efecto invernadero. Alcanzan temperaturas altí-

simas, en torno a los treinta mil grados, unas seis veces más altas que las que encontraríamos en la superficie solar.

Con potencias promedio de unos diez gigavatios, con un rayo de un segundo podríamos encender la ciudad de Nueva York completamente durante cinco segundos seguidos.

No es difícil darse cuenta de lo extremadamente peligrosos que pueden llegar a ser. Estudiarlos nos permitiría saber por qué ocurren, y estimar dónde y cuándo.



Además, podremos conocer cómo participan activamente en el cambio climático, cómo influyen en el circuito eléctrico global y en el proceso de convección y cómo están relacionados con el clima extremo.

Los equipos de investigación diseñamos y utilizamos instrumentación de todo tipo, como antenas, sensores, fotómetros y espectrógrafos, tanto terrestres como aéreos y espaciales, que recogen información que permitirá, no solo la caracterización de los rayos, sino también estudiar el comportamiento eléctrico de las tormentas y diseñar equipos de protección adecuados para edificios, aeronaves o aerogeneradores.

### LA DIFICULTAD DE PREDECIR DÓNDE VA A CAER

Pero, claro, los rayos naturales son impredecibles. Resulta imposible vaticinar en qué punto van a impactar, no somos capaces de hacer medidas de manera reiterada que nos permitan analizarlos con una base estadística sólida.

Este inconveniente se supera en cierta forma apuntando los instrumentos de medida a ubicaciones donde es más probable que impacte un rayo, ya sean pararrayos, torres de radio, líneas eléctricas, edificios altos o demás estructuras fijas. Pero, aun así, no se garantiza con seguridad el impacto del rayo, lo que hace que las campañas de observación dependan en gran parte del azar y resulten poco eficientes en cuanto a resultados. Así, necesitamos generar rayos reales de una manera controlada para poder analizarlos como es debido.

Existen varias maneras de generar rayos artificialmente: emitiendo rayos láser a la nube desde la tierra, mediante chorros de agua dirigidos o mediante deflagraciones transitorias hacia la nube. Pero la más utilizada es haciendo uso de cohetes.

### DISPARAR RAYOS LANZANDO UN COHETE

En 1958 comenzaron los primeros experimentos para disparar rayos cortocircuitando nube y tierra. Para ello se utiliza un fino cable de cobre unido a un cohete que lanzamos directo al cumulonimbo.

Los primeros cohetes para disparar rayos se lanzaron en Estados Unidos desde la goleta Azara y desde el buque de investigación R. V. Thunderbolt cerca de St. Petersburg (Florida). Después se depuró la técnica y se siguieron haciendo lanzamientos desde Saint-Privat d'Allier, en Francia, donde se disparó el primer rayo

artificial, esta vez sobre tierra, en 1975. Hoy en día, países como Estados Unidos, China, Japón y Brasil cuentan con instalaciones autorizadas con tráfico aéreo restringido para disparar rayos con cohetes. En estas instalaciones se suelen ubicar varios cohetes en el lugar de lanzamiento con la idea de dispararlos a la vez en condiciones de tormenta.

Normalmente los cohetes se lanzan a doscientos metros por segundo tras la ignición. Esta es la velocidad que asegura que el cable se extienda rápidamente y sin romperse.

Los cables suelen ser de cobre o de acero, con un diámetro de unos 0,2 milímetros, y se enrollan en un carrete que se fija o en el cohete o en el suelo. Se pueden conectar directamente a tierra o también fijarse al suelo a través de varios metros de nailon aislante, de manera que el conductor no queda conectado directamente a tierra. Cuando el cohete intercepta la nube a gran velocidad, se genera un primer rayo que se descarga a través del cable, sublimándolo. Una vez que el canal del plasma ya está iniciado, se suceden rayos naturales aprovechando la ionización de las especies a lo largo del canal.

### GALIUS GRABA DOS MILLONES DE IMÁGENES POR SEGUNDO

En el grupo de Electricidad Atmosférica del Instituto de Astrofísica de Andalucía hemos diseñado, desarrollado y calibrado GALIUS, acrónimo en inglés de *Granada Lightning Ultrafast Spectrograph*: el espectrógrafo más rápido del mundo dedicado al análisis de un tipo de plasmas atmosféricos, los rayos.

GALIUS es capaz de grabar el espectro de los rayos a más de dos millones de imágenes por segundo (una cámara normal

graba a veinticinco imágenes por segundo) lo que nos permite estudiar qué ocurre en su nacimiento, sus etapas iniciales.

Hemos obtenido resultados analizando desde “mini” rayos artificiales de unos tres centímetros en nuestro laboratorio, hasta rayos de un metro disparados en los laboratorios de alta tensión de DENA Desarrollos S.L. en Terrassa, una empresa de referencia en el diseño, fabricación, instalación y control de sistemas para la protección y prevención contra el rayo.

El siguiente paso será ir a medir rayos de tormenta de verdad, disparados en las instalaciones de la Universidad de Florida, en el *Camp Blanding International Center for Lightning Research and Testing*. Allí podremos analizar rayos naturales con la certeza de conocer de antemano dónde van a caer.

Estas instalaciones, además de la infraestructura necesaria para disparar rayos con cohetes (que se dice pronto), cuentan con sensores de corriente, detectores de campos electromagnéticos, cámaras ultrarrápidas, fotómetros, etc.

La idea es combinar la última tecnología de GALIUS con las medidas de todos estos equipos de manera simultánea, lo que nos permitirá medir gran cantidad de parámetros físicos y químicos en las etapas iniciales del rayo de una manera directa. Después, podremos correlacionar las distintas variables observacionales medidas para mejorar los modelos predictivos actuales que, fruto de estas campañas experimentales y sistemáticas, cada vez son más precisos.

Y todo esto no sería posible si no fuese por personas que, como Thor, disparan rayos a voluntad, pero sin martillo y con el fin último de seguir desvelando los misterios de la naturaleza.



## ¿Qué podría salir mal?

POR SEBASTIANO DE FRANCISCIS  
(ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA,  
EBD-CSIC)

<https://lacienciaesaburrida.wordpress.com>

Aeropuerto internacional de Melbourne,  
7:00 AM, aduana.

- Déjenme los pasaportes por favor.  
Señor... 'Pepito Pérez': ¿puedo abrir su  
maleta?

Una brevísima mirada cruzó la mesa entre  
dos pares de ojos, los azules cristal de  
Pérez "El Gato" y los negros noche de  
Juan Carlos de B., "El Zorro". Ese era el  
momento.

- Claro que sí.

- A ver: neopreno, ropa, objetivos foto-  
gráficos... ¿¿y esas manzanas??

Una pequeña gota de sudor en la frente de  
El Zorro. "Ay esos hipies mochileros,  
siempre iguales", pensó el agente fronte-  
rizo.

- ¿Pueden seguirme unos minutos a la  
estación de policía, por favor?

"Maldita sea, ¡era un plan perfecto! ¿Qué  
podría salir mal?". Así empezó el agobio  
de El Zorro.

A mediados del siglo XIX surgieron en  
varios países del mundo las sociedades de  
aclimatación: organizaciones creadas con  
el fin de "enriquecer la biodiversidad de  
una región concreta con animales y plan-  
tas de otras partes del mundo". Una de las  
primeras de estas sociedades fue *La  
Société Zoologique d'Acclimatation*, fun-  
dada en París en 1854. Estas sociedades se  
extendieron rápidamente por el mundo de  
los países europeos colonialistas, basando  
sus acciones en las colonias en la creencia  
de que la fauna local era de alguna manera  
deficiente o estaba empobrecida; había  
también un elemento de nostalgia en los  
colonos que deseaban ver especies familia-  
res. Además, varias introducciones fueron  
realizadas por el valor económico y comer-  
cial de la especie.

En algunas ocasiones los resultados de estas  
actividades fueron desastrosos en términos  
ecológicos y de biodiversidad: un claro  
ejemplo fue en 1859, con el caso del conejo  
europeo en Australia. Ese año fueron intro-  
ducidos veinticuatro ejemplares de conejo

europeo (*Oryctolagus cuniculus*) por un tal  
Thomas Austin, propietario de una finca en  
Victoria. Veinticuatro pequeños y tiernos  
conejitos. ¿Qué podría salir mal?

En 1866, siete años después de su introduc-  
ción, 14.253 conejos fueron cazados con  
fines deportivos en una propiedad de Austin.  
En aquella época, el señor Robertson, pro-  
prietario de una tierra en Glen Alvie  
(Victoria), invertía cinco mil libras al año en  
un intento de controlar los conejos. En 1869  
estimó que 2.033.000 conejos habían sido  
eliminados en su propiedad y que, a pesar de  
esto, seguían siendo tan numerosos como  
siempre.



Los descendientes de esos aventureros y  
tímidos veinticuatro conejos europeos se  
multiplicaron y se extendieron por todo el  
país gracias a la falta de depredadores  
naturales, un hábitat propicio y los suaves  
inviernos australianos que permitieron la  
reproducción durante todo el año.

Entre 1902 y 1907 se construyeron cuatro  
vallas a prueba de conejos para proteger la  
región occidental del país. Cuando fue  
completada la *West Australian No1 Rabbit  
Proof Fence*, con sus 1.833 kilómetros,

era la valla más larga del mundo.

En 1950 los conejos australianos eran  
seiscientos millones, y en poco más de un  
siglo, gracias también a las actividades de  
caza humana, se extendieron a casi todo el  
país, una superficie quince veces mayor  
que España. El movimiento de los conejos  
por el paisaje se denominó "una manta  
gris": Australia fue testigo de la tasa de  
propagación más rápida de cualquier  
mamífero colonizador en el mundo.

El conejo europeo se había transformado  
rápidamente en una plaga, una especie  
invasora, generando problemas ecológicos  
y sanitarios. ¿Y las consecuencias? Unas  
cuantas: durante su expansión por  
Australia, el conejo ha desplazado y reem-  
plazado a muchos marsupiales de tamaño  
pequeño y mediano, como el *Macrotis  
lagotis*, mejor conocido como Bilby,  
ahora una especie en peligro de extinción,  
y el *Bettongia lesueur*, extinto en 1960, y  
recientemente reintroducido en áreas pro-  
tegidas, aprovechando y ocupando las  
madrigueras preexistentes y expulsando  
de ellas a estos y otros mamíferos.

El gran número de conejos ha aumentado  
además la cantidad de depredadores como  
gatos salvajes y zorros, los cuales ejercen  
presión sobre las pequeñas poblaciones de  
mamíferos nativos. En particular durante  
las sequías, el número de depredadores  
cae mucho menos dramáticamente que el  
del conejo, ejerciendo una intensa presión  
sobre las pequeñas poblaciones de mamí-  
feros nativos. Los mamíferos nativos no  
son reproductores tan prolíficos y su  
número aumenta lentamente, a diferencia  
del conejo, que puede recuperarse rápida-  
mente de un colapso de la población.  
Como consecuencia, los mamíferos nati-  
vos se extinguen localmente.

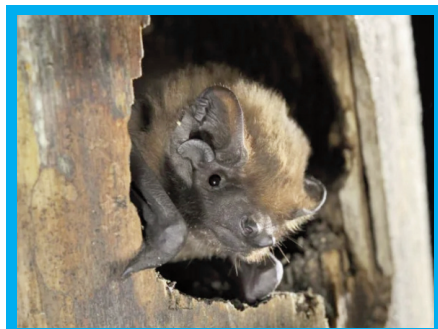
Debido a su forrajeo selectivo, el conejo  
ha cambiado radicalmente la composición  
del ecosistema. La biomasa y la cobertura  
se ha reducido a medida que los pastos y  
arbustos perennes se reemplazan con  
especies anuales. Durante la sequía, los  
conejos matan árboles y arbustos cavando  
para comer sus raíces en busca de hume-  
dad. Por lo tanto, los conejos no solo con-  
trolan la germinación de especies, sino  
también la composición de especies de

plantas maduras, lo que afecta nuevamente la biodiversidad.

El conejo europeo actualmente está incluido en la lista cien de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo.

Ahora diríamos que en el fondo es un problema del siglo pasado, y que la sociedad es más consciente de lo que era en la época colonial. ¿Estamos seguros? Volvemos a nuestros tiempos, a la querida vieja Europa:

El parque de María Luisa (Sevilla) alberga la mayor de las colonias de nódulo gigante (*Nyctalus lasiopterus*), el murciélago más grande de Europa y del norte de África, clasificado como especie vulnerable.



Nódulo gigante.

Las hembras forman colonias en tiempo de cría y acuden al parque, buscando el refugio que ofrecen las cavidades de los grandes árboles. Las madres son constantes en su elección de cobijos, compartiendo nidos con otras hembras. Después del nacimiento de las crías, a partir de agosto la población se disgrega: algunos permanecerán en el parque todo el año mientras que otros no volverán hasta la próxima primavera.

En 1992, el personal del parque de María Luisa recogió una pequeña incidencia: una decena de cotorras de Kramer (*Psittacula krameri*) habían sido liberadas en los jardines. ¿Quiénes fueron? Autoridades políticas locales, quienes los soltaron durante un acto celebrativo, o bien los propios dueños, para librarse de un lote adquirido de forma irregular. No lo sabremos nunca, pero lo que sabemos es que ahora hay más de dos mil ejemplares de pequeñas y graciosas cotorras en el parque. ¿Qué podría salir mal? Nada, si no fuera por el detalle de que esta ave es considerada, al igual que el conejo, una de las

cien peores especies invasoras en el continente.

Las cotorras también usan las cavidades de los árboles para pasar la noche y, cuando descubren a los murciélagos en su interior, los expulsan con violencia. En 2013 encontraron en el parque el primer cadáver de murciélago. En la temporada de cría 2016-2017, unos investigadores de la Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC) pudieron observar treinta y seis ataques por parte de cotorras a nódulos en árboles del parque. La violencia solía desencadenarse a medida que se acercaba el atardecer: uno de las aves atacaría a los murciélagos con el pico, entre gritos estridentes. La víctima se vería obligada a huir, pero al sufrir heridas en las membranas de las alas, las falanges y antebrazos, no lograría alzar el vuelo: en el suelo, estaría condenada a muerte.

Como resultado, los nódulos gigantes han perdido en el periodo 2003-2017 el 81% de las cavidades en las que se cobijaban, mientras que el censo de cotorras ha crecido un 2192% en los últimos quince años.

“¡Es un caso aislado, único!”, dirá más de uno...

El alianto, *Alianthus altissima*, originario de China, se introdujo en España con fines ornamentales, para repoblar bordes de carreteras o fijar taludes, y sus largas hojas verdes son una visión habitual en todo el país.

Su vertiginoso crecimiento hace del alianto el invasor perfecto: tolera condiciones variables de temperatura, de humedad, de luz, suelos pobres y el aire contaminado de las grandes ciudades. Es una planta muy competitiva, crece y coloniza muy rápido, se adapta muy bien al entorno y en España ya está dondequiera, sobre todo cerca de zonas urbanas. El alianto genera unas sustancias llamadas “alelopáticas” -tóxicas para las demás plantas- y altera el ciclo del nitrógeno, con lo que hace la vida casi imposible a la vegetación autóctona.

Otra planta invasora es la uña de gato, *Carpobrotus edulis*: esta especie ha modificado el suelo, alterando las comunidades de microorganismos y desplazado la flora nativa local. Las parcelas invadidas tienen un menor número de interacciones planta y herbívoro. Además, con la invasión se produce un reemplazo de especies y se facilita que otros herbívoros exóticos se hagan hueco en los ecosistemas.



Uña de gato.

Por cierto: ¿cómo terminó la historia de los conejos en Australia? Una de las primeras medidas masivas para controlar la población de conejos en Australia fue la de introducir en 1950 el virus *Myxoma*, letal para los conejos, que en aquel entonces tenía una tasa de mortalidad del 99%. Ya sabemos a estas alturas que, generación tras generación, en la interacción virus-huesped, los huéspedes pueden mutar y desarrollar resistencia: fue exactamente lo que pasó.

En Nueva Zelanda, que padeció la misma plaga de conejos, decidieron a cambio introducir al final del siglo XIX en el país el armiño (*Mustela erminea*), mamífero carnívoro, para depredar el conejo europeo. El armiño ahora también está incluido en la lista cien de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. ¿Qué podría salir mal?

Fin del documental.

- Pepito y Juan Carlos, ahora espero hayan entendido mejor por qué, como dice el refrán, en Australia es más fácil pasar cualquier tipo de droga que un fruto, una planta, una semilla o un pequeño animal de un ecosistema forastero.

“Pero si es una técnica a prueba de todo: licuar la sustancia, inyectarla en la fruta, y, una vez llegados, destilarla. ¿Qué podría salir mal? ¿Cómo se han dado cuenta?”. El Gato casi rompe a llorar al escuchar, en su roto inglés, la palabra DRUGS.

*La vida no puede contenerse, la vida se extiende a través de nuevos territorios y rompe las barreras dolorosamente, incluso peligrosamente... Sencillamente, la vida se abre camino.*

Ian Malcolm, *Jurassic Park*



# DECONSTRUCCIÓN

COLABORACIÓN DE GERMÁN TORTOSA, @CienciaEnComic



# EL MOBY DICK DE...

## ... SILBIA LÓPEZ DE LACALLE (IAA-CSIC)

### EL VOLCÁN DALLOL

Mi trayectoria profesional nació bifurcada. Mientras, profesionalmente, me dedicaba al periodismo científico, labor que desarrollé en el Instituto de Astrofísica de Andalucía, mis intereses no remunerados me condujeron hacia el dibujo y la pintura. La ciencia y los pinceles no compartían espacio, y siempre los contemplé como dos actividades independientes. Tras escribir mucho sobre ciencia, sobre todo reportajes, notas de prensa y algún libro, y dibujar y pintar mucho, con exposiciones y algún libro también, me ofrecieron la oportunidad de viajar al volcán Dallol, en Etiopía, a lomos de una expedición geológica. Fui como dibujante, con el compromiso, liviano como el aire, de que de ahí emergiera algo bello. Pero Dallol y su entorno constituyen, además de la colección de paisajes más hermosa concebible, un crisol desde donde podían brotar relatos sobre nuestros ancestros, sobre las montañas, sobre el origen de la vida o sobre el modo de vida más austero, el de los pastores nómadas del desierto. Y ahí, en el volcán, mis largamente separadas actividades tomaron un camino único de manera natural: mientras dibujaba Dallol, la idea de que también había que contarlo iba solidificándose. Además, para que el relato fuera completo había que ir con todo: textos grandes y pequeños, ciencia y humanidades, dibujo y fotografía.

#### La colección de paisajes perfecta

La belleza de Dallol no se ciñe únicamente al sistema hidrotermal que alberga su cráter y que crea un paisaje de piscinas de colores y especies minerales difícil de digerir. Un encuadre algo más amplio ofrece una experiencia poco común, y por varias razones. Dallol se halla en la depresión de Danakil, al norte del triángulo de Afar, una región desértica rodeada de cordilleras donde, literalmente, el suelo se rompe. En el triángulo de Afar comienza el Rift de África Oriental, una fractura producida por la separación de dos placas tectónicas, la africana y la somalí, que se extiende casi cinco mil kilómetros desde Yibuti hasta Mozambique. Allí la corteza terrestre es excepcionalmente delgada y el magma se afana en abrirse camino a través de fisuras y volcanes, y ocurren fenóme-



Licenciada en Periodismo y Bellas Artes, coordina la oficina de prensa del Instituto de Astrofísica de Andalucía desde 2002. Ha publicado artículos en numerosos medios y desarrollado actividades de divulgación en casi todos los formatos posibles. Tras publicar el libro ilustrado "Galápagos. Las islas que caminan", fue invitada a una expedición al volcán Dallol (Etiopía), de la que surgió un libro, "Expedición al volcán de sal", que combina ciencia, ilustración y relato de viajes.



nos extraordinarios, como la apertura, en pocos días en 2015, de una grieta de medio kilómetro de longitud y sesenta metros de profundidad. El Rift de África Oriental constituye la línea de puntos por la que, se cree, se desgajará el cuerno de África y donde se formará un nuevo mar, y se trata del único lugar en el planeta donde podemos observar el proceso en la superficie.

Además de su interés geológico, la grieta africana también representa un enclave fundamental para la paleoantropología. La formación del Rift produjo las condiciones idóneas para la conservación de restos óseos, entre ellas una gran cantidad de sedimentos y de ceniza volcánica, y los numerosos hallazgos de especies posiblemente emparentadas con el *Homo Sapiens* llevaron a considerar la región como la cuna de la humanidad. Enfocando, de nuevo, en el triángulo de Afar, encontramos los yacimientos donde descansaban varios de los ejemplares de primates bípedos que nos han permitido establecer una genealogía de nuestra especie, entre ellas Lucy y Ardi, las representantes más famosas de los *Australopithecus Afarensis* y los *Australopithecus Ramidus*. Preciosas individuos que ya caminaban erguidas, pero que conservaban, sobre todo Ardi, la agilidad para moverse entre los árboles.

Este triángulo, una de las zonas habitadas más cálidas del planeta, guarda más peculiaridades aún, y retomamos aquí el camino hacia Dallol.

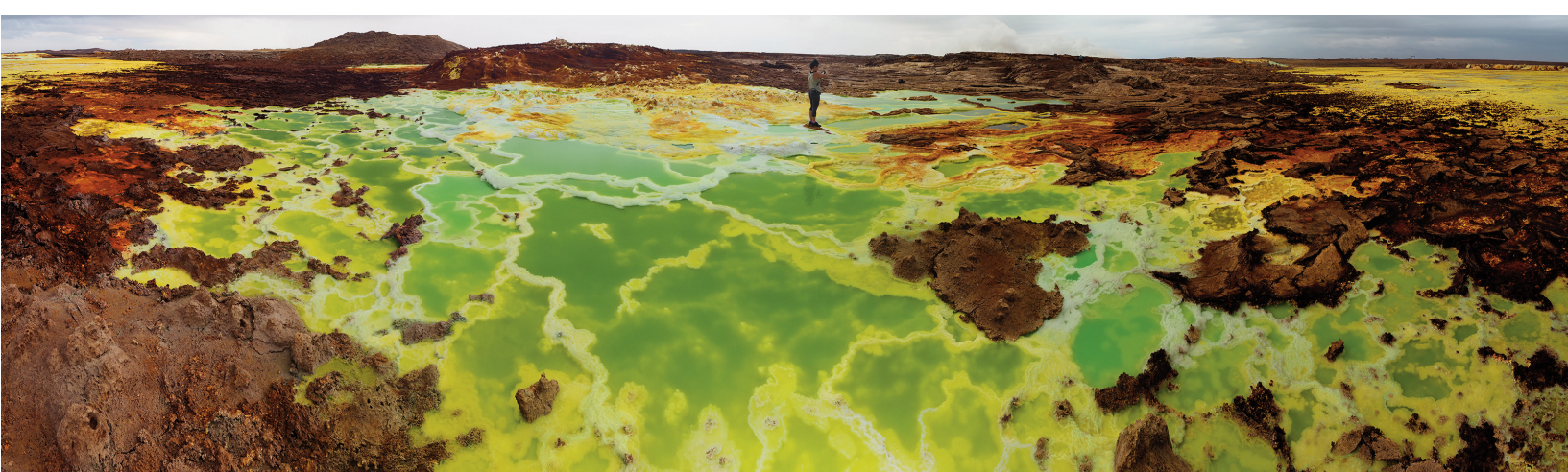
A la depresión de Danakil se llega atravesando una cota ajena, la del nivel del mar. Algo que en realidad es habitual, porque mirar el mar con el agua por las rodillas nos sitúa a medio metro bajo el nivel del mar,

pero en Danakil hablamos de hasta ciento veinte metros. Además, bajo la áspera superficie de la depresión se hallan enterrados entre uno y dos kilómetros de sal. Hace miles de años este desierto salino era un brazo del Mar Rojo, que se cerró debido a la actividad volcánica. La sal fue cristalizando y acumulándose al evaporarse el agua, y hoy forma un salar de unos 120 kilómetros de longitud por 30 de anchura. Nada crece allí, ni hierbas buenas ni malas y, a excepción de los vencejos, unas nubecillas de mosquitos diminutos que nos picoteaban los días sin viento y un zorro que visitó el campamento de madrugada, los pocos animales que vimos estaban muertos.

Además, se trata de un suelo apenas explorado. Danakil se halla a pocos kilómetros de la frontera entre Etiopía y Eritrea, y esa línea divisoria ha estado vedada durante décadas por los conflictos armados. Los pocos artículos científicos sobre la región datan de los últimos diez años, a excepción de algún estudio minero que buscaba extraer azufre o potasas del subsuelo.

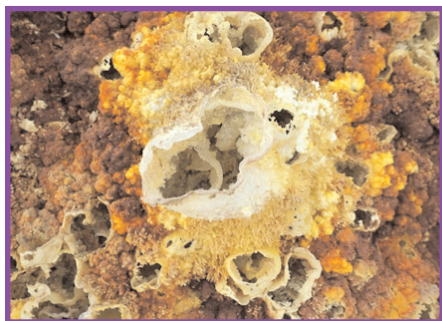
A la cima de Dallol, ese volcán mínimo que forma parte de una extensa cadena volcánica, nos conducen los afar, una etnia de pastores nómadas que beben agua salada y se orientan por las planicies salinas como si hubiera algo que solo ellos reconocen como camino. Su vida, en ese entorno árido, se sustenta en costumbres ancestrales y en su convivencia con los dromedarios, verdaderas obras maestras de la adaptación al calor y a la falta de agua.

Los afar ascienden en chancas por el suelo roto mientras nosotros dudamos cada cinco pasos, y esperan pacientes cada vez que nos paramos a mirar con arrobos un metro cua-



drado de suelo. Pero, claro, ¡qué suelo! Las maravillas se suceden y los superlativos no alcanzan. La cima alberga un paisaje que sobrepasa todo lo que pueda imaginarse, en color y en forma. La interacción del magma subterráneo con la sal y el agua ha generado en Dallol un sistema hidrotermal que combina temperaturas extremas (108 grados), hipersalinidad e hiperacidez con altas concentraciones de hierro y carencia de oxígeno. Los manantiales de salmueras ácidas construyen un paisaje de terrazas de sal y piscinas que, al oxidarse, despliegan un repertorio cromático que evoluciona desde el blanco y el verde lima a los amarillos, rojos y marrones.

También crece allí una asombrosa variedad de estructuras minerales complejas, desde pilares de varios metros de altura a formaciones de menor tamaño que recuerdan a nenúfares, tulipanes, flores, perlas o plumas, todos ellos de sal.



Dallol es uno de los pocos ambientes poliextremos conocidos y resulta único además porque, a diferencia de otros sistemas hidrotermales, como Yellowstone, allí los colores parecen deberse únicamente a procesos minerales. Y porque, muy posiblemente, sus aguas niegan el criterio general que afirma que la existencia de agua líquida implica, necesariamente, la de organismos vivos. En Dallol todo parece bullir de vida y, curiosamente, todo es inorgánico.

Pero no se trata solo del cráter. El lienzo completo abarca también la propia montaña, que al oeste se agrieta y rompe formando cañones, así como varios lagos: dos con nombre propio, el burbujeante Lago

Amarillo (o Gada Ale) y el viscoso Lago Negro, y otros lagos de aguas rosadas y pardas de formación reciente (allí los lagos pueden surgir de un día para otro). También una fuente de bischofita, un material extraño que emerge tan blanco que reverdece y con consistencia de vela derretida pero que, con el tiempo, se convierte en polvo, tiñe el suelo de naranja y suena como la nieve. Y, claro, kilómetros y kilómetros de desierto de sal.

Un cuadro extraño, bello hasta el dolor y posiblemente efímero: por lo visto, Dallol entró en erupción pero el magma no llegó a emerger. Pero su ubicación en el Rift, en la grieta africana, apunta a que la actividad aumentará, y una futura erupción de magma borraría este pequeño volcán de colores imposibles.

Ay, esta última frase duele un poco.

### La expedición

Llevaba años insistiendo a Juanma García Ruiz, investigador del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, para que me llevara a una de sus expediciones, y cuando me llamó para exclamar, con mucho énfasis, “¡tienes que venir a Dallol!”, vi las gacelas y los guepardos alejarse por las grandes llanuras (otro de los destinos posibles era Kenia). Ocuparon su lugar el calor sofocante de Dallol, los colores de las piscinas y las formas del jardín mineral que me describía con emoción. Yo no sabía muy bien de qué hablaba pero dije que sí, claro, sí, que para algo es el monosílabo claro, el sencillo.

Un mes y medio después iba en una furgoneta camino al aeropuerto de Madrid con mis compañeros de expedición, cargados con unas maletas pintorescas y un exceso de equipaje difícil de encajar en la ventanilla de la aerolínea. Nos esperaban dos vuelos, a Adís Abeba y de ahí a Mekele, y unas seis horas de coche hasta llegar a Dallol, cuyo agrietado flanco suroeste se convirtió en nuestro hogar durante una semana.

El hogar. Estuve semanas enseñando a todos mis amigos la localización exacta del campamento en imágenes de satélite: dentro de un cañón, en una montaña parda, en

un desierto de sal, en una grieta continental. También estudié lo que pude sobre geología, sobre el origen de la vida y sobre el proyecto Prometheus, en el que se enmarcaba la expedición y que explora el papel de la autoorganización mineral en la Tierra primitiva y su posible influencia en el origen de la vida. También sobre rocas y minerales, sobre el triángulo de Afar, sus habitantes y sus volcanes... Así, llegué a Dallol con un cacao considerable y un entusiasmo infinito.

Los días allí volaron entre ascensos de madrugada a la pequeña montaña, visitas a lagos, risas por lo sucios que íbamos y lo malitos que estábamos por el calor, botellas de agua, toma de muestras y fotografías y la sensación permanente de estar en un lugar excepcional. Vivimos en el volcán seis días y nunca llegué a acostumbrarme al paisaje, a normalizarlo. Allí no sabes qué hacer con tu cuerpo... es como cuando intentas explicar algo difícil y manoteas a ver si los gestos ayudan. En Dallol parece que es el cerebro el que está todo el rato manoteando perplejo. A la vuelta, sin embargo, tuve que aparcas Dallol y se acomodó en mi cabeza la idea de que iba a ser muy difícil trasladarlo al papel. “¡Hacen falta hasta mapas! –anoté por ahí–. Pero solo tengo que ver los vídeos de la cámara pequeñita. Son malos, pero a ratos se para el viento y se escucha ese silencio de montaña pequeña lejos de todo, y las pisadas sobre suelos que suenan a nieve, a migas de pan o a cristales rotos, y sigo la cámara acercándose a las fuentes termales y el cuerpo retrocede sorprendido por las salpicaduras y el borboteo. Y si sigo viendo vídeos ya mi ánimo comienza a elevarse casi por cuenta propia y percibo que ya estoy dentro de esa sensación limpia de comienzo de rotring y pincel. Va a ser muy difícil. Hay que ordenar mucho y yo soy de armario revuelto, pero hay que contar Dallol”.

Y de ahí emergió *Expedición al volcán de sal*, un libro que relata un síndrome de Stendhal constante ante la ballena más bella imaginable.

*Expedición al volcán de Sal*, editorial Almuzara, 2021.

## Se halla el megamáser Nkalakatha, que revela una gran colisión de galaxias

EL IAA-CSIC PARTICIPA EN EL DESCUBRIMIENTO DE LA EMISIÓN EN RADIO PRODUCIDA POR UNA COLISIÓN GALÁCTICA

Las galaxias son vastas islas de materia, compuestas por cientos de miles de millones de estrellas, gas y materia oscura. Cuando las galaxias colisionan y se fusionan, el gas que contienen se vuelve extremadamente denso, lo que estimula las moléculas de hidroxilo (compuestas por un átomo de oxígeno y uno de hidrógeno) y produce una señal de radio específica conocida como máser. Similar a un láser, pero en ondas de radio en lugar de luz visible, cuando esa señal es muy brillante se denomina megamáser. Un grupo científico internacional publica la detección, con el radiotelescopio MeerKAT (Sudáfrica), del megamáser más lejano encontrado.

Los megamáseres de hidroxilo, que señalan la existencia de una colisión de galaxias, emiten luz a una longitud de onda de 18 centímetros, en el rango de las ondas de radio. Una vez que el equipo comprobó que se trataba de un megamáser, comenzó la búsqueda de su galaxia anfitriona. Hallaron que se halla a unos siete mil millones de años luz y tiene una cola larga en un lado, visible en radio. La luz del megamáser se emitió hace unos cinco mil millones de años, cuando el universo tenía solo dos tercios de su edad actual. Dada la distancia y potencia del fenómeno, el equipo científico invitó al público a elegir su nombre. La propuesta ganadora fue "Nkalakatha", una palabra isiZulú que significa "gran jefe" y que fue sugerida por una estudiante de informática de Johannesburgo.

Se cree que las colisiones galácticas



El megamáser llamado IRAS 16399-0937. Toda la galaxia actúa como un láser astronómico que emite emisión de microondas en lugar de luz visible (de ahí que la 'm' reemplace a la 'l').  
Crédito: ESA/Hubble y NASA.

eran mucho más habituales en el pasado del universo, y la búsqueda de megamáseres de hidroxilo se presenta como una herramienta para comprobar esta hipótesis. El radiotelescopio MeerKAT, que ha mostrado su eficacia con una detección tan distante, se halla en una posición privilegiada para esa búsqueda.

El hallazgo de este megamáser se enmarca en el proyecto LADUMA (*Looking at the Distant Universe with the Meerkat Array*). Se trata de uno de los grandes experimentos científicos de MeerKAT y busca hidrógeno neutro en galaxias en una región del cielo de gran profundidad, que se extiende hasta cuando el universo tenía solo el tercio de su edad. "Es impresionante que, en una sola noche de observaciones con MeerKAT, ya hayamos encontrado un megamáser que bate los

récords de distancia. Cuando LADUMA complete sus más de tres mil horas de observación será el muestreo más sensible de su tipo", apunta Marcin Glowacki, investigador del Instituto Interuniversitario de Astronomía Intensiva de Datos (IDIA) y del Centro Internacional para la Investigación de Radioastronomía (ICRAR) que encabeza la investigación.

"LADUMA es excepcional por las distancias que puede explorar, y puede batir sistemáticamente su propio récord de distancia durante los próximos años –afirma Kelley Hess, investigadora del proyecto en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y coautora del artículo–. Explorar tanto las galaxias lejanas con LADUMA como el universo cercano con otros muestreos, como

AWES y WALLABY, en los que también participamos desde el IAA-CSIC, nos dará una imagen más completa de la historia de las fusiones de galaxias a lo largo de la vida del universo".

La radioastronomía vive un momento realmente emocionante con la futura construcción del *Square Kilometre Array* y sus telescopios predecesores, entre ellos MeerKAT, y los descubrimientos no planificados comienzan a surgir de la cantidad sin precedentes de datos que recopilan estos instrumentos. El Instituto de Astrofísica de Andalucía se halla en una posición excelente para participar en estos futuros descubrimientos: la participación española en SKA está liderada por el IAA-CSIC, que además alberga el prototipo español del Centro Regional SKA.



## Los telescopios MAGIC detectan la explosión de una estrella “vampiro”

**EL IAA-CSIC PARTICIPA EN EL HALLAZGO DE RAYOS GAMMA DE MUY ALTA ENERGÍA PROCEDENTES DE UNA NOVA RECURRENTE EN LA VÍA LÁCTEA**

Las novas son fenómenos estelares explosivos que se producen en sistemas binarios de estrellas en los que una de las componentes es una enana blanca (el denso núcleo de una estrella de tipo solar que ha expulsado su atmósfera). La enana blanca “vampiriza” el material de su estrella compañera, que se acumula y forma una capa de hidrógeno superficial; al alcanzar cierta masa crítica, se desencadena una explosión que hace aumentar en miles de veces su brillo y expulsa las capas externas a velocidades de miles de kilómetros por segundo. Pasado un tiempo, el sistema se estabiliza y el proceso de acumulación de materia sobre la enana blanca se retoma. Así ocurre en la nova recurrente RS Ophiuchi, cuya última explosión muestra una inédita emisión en rayos gamma muy energéticos.

Cuando se recibió la alerta de la explosión de la nova RS Ophiuchi, el 8 de agosto de 2021, se activó un amplio dispositivo de seguimiento. “La erupción de RS Oph es un evento muy raro en el cielo en rayos gamma: es la nova más luminosa y con el flujo más alto detectada en rayos gamma hasta la fecha, y la observamos justo a tiempo”, afirma Rubén López-Coto, investigador del INFN (Padova) y el IAA-CSIC, uno de los autores principales del trabajo.

Una serie de observaciones siguieron a la detección, tanto desde tierra como desde el espacio. El 9 de



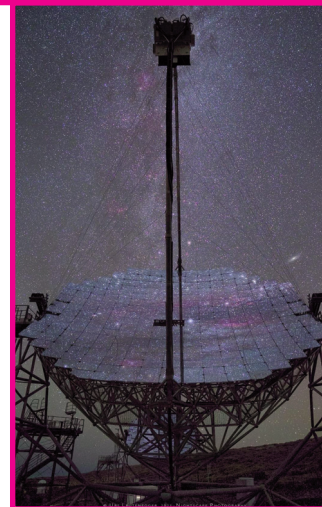
Concepción artística de un sistema estelar similar a RS Ophiuchi, donde una enana blanca (izquierda) roba gas a su estrella compañera. El material forma un disco de acreción alrededor de la enana antes de descender en espiral hacia la superficie, donde se comprime y genera en una explosión termonuclear. Crédito: Superbossa/MPP.

agosto, la colaboración MAGIC usó su sistema gemelo de telescopios cherenkov, ubicado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma), para observar la nova RS Ophiuchi. Gracias a las excelentes condiciones de observación en La Palma, a la rápida reacción de la colaboración y a la alta sensibilidad de MAGIC, la nova pudo ser detectada a energías cien mil millones de veces mayores que la luz visible. “Este trabajo ha identificado las novas como un nuevo tipo de fuente de rayos gamma muy energéticos. Se ha abierto, por tanto, una nueva línea de investigación en la astronomía de rayos gamma de muy alta energía”, añade Alicia López-Oramas, investigadora del IAC y también una de las autoras principales de este trabajo.

### **NOVAS, ACELERADORES CÓSMICOS DE PROTONES**

El equipo de investigación pudo también comprobar que la explosión fue lo suficientemente energética para producir fuertes ondas de cho-

que en el medio que rodeaba al sistema estelar. Estas ondas de choque son las encargadas de acelerar las partículas subatómicas presentes en el medio interestelar hasta velocidades cercanas a las de la luz. En el caso de la nova RS Ophiuchi 2021, el modelo que mejor describe las observaciones de MAGIC y de otros telescopios sostiene que los rayos gamma de muy alta energía son producidos por protones, partículas cargadas positivamente que constituyen los núcleos de átomos de hidrógeno. Aunque las erupciones de novas son menos energéticas que las supernovas, en las que una estrella muere en la explosión, son también mucho más frecuentes. Los resultados obtenidos por el grupo de la colaboración MAGIC y sus colegas indican que, aunque la mayoría de los rayos cósmicos que permean la Vía Láctea se generan en otras fuentes, las novas pueden ser aceleradores de protones sorprendentemente eficientes. “MAGIC ha estado siguiendo sin



éxito explosiones de novas desde hace algún tiempo. Es gratificante ver que el esfuerzo merece la pena y que hemos logrado abrir nuevas ventanas que traen un conocimiento más profundo de nuestro universo”, apunta Oscar Blanch, investigador del Institut de Física d’Altes Energies (IFAE) y portavoz de la colaboración MAGIC. “Es el fruto del trabajo de muchas personas”, finaliza.

## Un atlas de galaxias activas muestra que los supervientos son comunes incluso en las más aletargadas

**EL IAA-CSIC ESTUDIA EN PROFUNDIDAD UNA MUESTRA DE LINERS, EL TIPO DE GALAXIA ACTIVA MENOS LUMINOSO, Y HALLA QUE EN LA MITAD DE ELLAS SE PRODUCEN SUPERVIENTOS GALÁCTICOS**

Los supervientos galácticos, capaces de generar grandes cantidades de energía y de transportar gas a grandes distancias, juegan un papel fundamental en la evolución de las galaxias. En el caso de las galaxias activas, cuyo brillo se atribuye a la existencia de un agujero negro supermasivo rodeado de un disco de materia que lo alimenta, es habitual observar supervientos producidos por el agujero negro. Sin embargo, aún falta caracterizar en detalle las propiedades de estos fenómenos, que en las galaxias activas menos brillantes apenas se conocen. Un trabajo, desarrollado por investigadoras del IAA-CSIC, ha publicado el atlas más completo de supervientos en un tipo de galaxias activas de baja potencia que constituyen las más abundantes del universo local.

“Se cree que todas las galaxias con un núcleo activo en su centro generan la

presencia de los llamados vientos galácticos, que no son más que polvo y gas de la galaxia anfitriona que son expulsados hacia fuera a grandes velocidades —apunta Laura Hermosa, investigadora del IAA-CSIC que encabeza el trabajo—. Hasta ahora no se había comprobado si la existencia de estos vientos era también común en los núcleos menos activos que existen, los llamados LINERs”.

Los LINERs, acrónimo de “región de líneas de emisión nuclear de baja ionización”, representan en torno a un tercio de las galaxias en nuestro entorno. Su núcleo emite un tipo específico de radiación (la emisión de átomos débilmente ionizados o neutros), y su energía muestra una intensidad mayor que las galaxias cuya energía solo procede de las estrellas, pero menor que aquellas en las que los agujeros negros supermasivos están consumiendo material de forma muy activa.

En estos últimos, los supervientos galácticos generan procesos de retroalimentación que pueden incluso detener la formación de estrellas, pero hasta ahora ni siquiera se sabía cómo de frecuentes son en las galaxias LINERs. Esto podría deberse a que las particularidades de estos objetos impiden su formación o a un sesgo de observación: se tiende a buscar estos fenómenos en núcleos activos muy potentes, donde se identifican con faci-

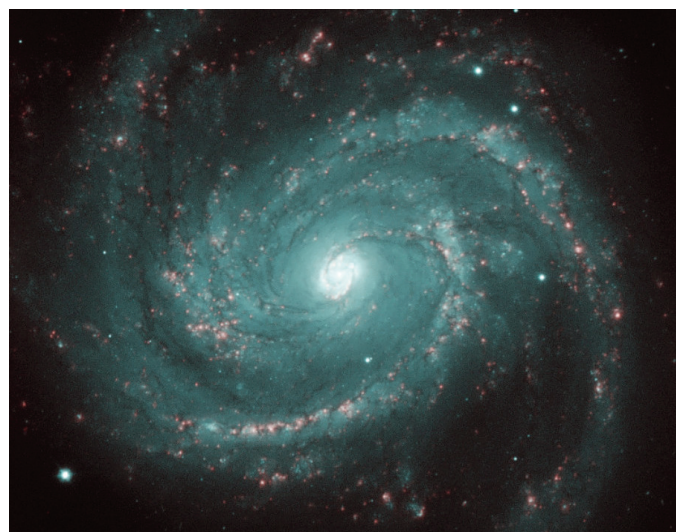


Imagen a color de NGC4321 a gran escala, combinando tres imágenes con filtros anchos distintos. Fuente: IAA-CSIC, telescopio NOT.

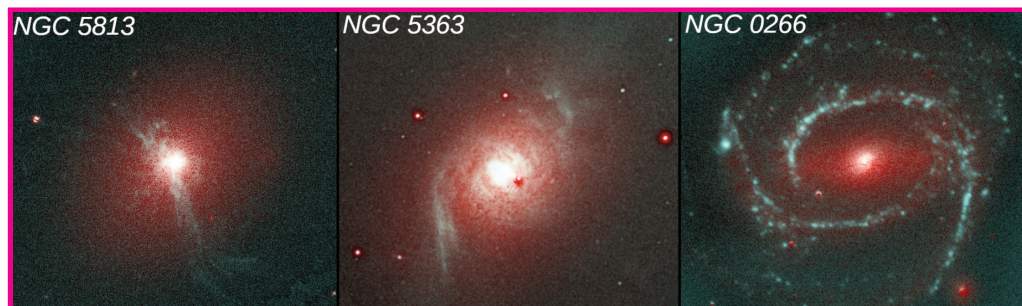
lidad ya que los flujos suelen mostrar una escala proporcional a la luminosidad del núcleo activo.

“En este trabajo hemos obtenido imágenes del gas ionizado de una muestra de setenta galaxias LINERs, convirtiéndose en la muestra más amplia en este tipo de estudios realizada hasta la fecha. Los vientos se distinguen en las imágenes como una emisión extendida emergiendo del núcleo galáctico. Combinando la información de las imágenes con información espectroscópica existente en la literatura, hemos cuantificado por primera vez lo comunes que son los vientos en este tipo de

galaxias activas y descubrimos que aproximadamente un 50% de todos los LINERs en el universo local muestran supervientos galácticos”, apunta Laura Hermosa (IAA-CSIC).

El trabajo también ha permitido dividir la muestra en cuatro tipos distintos de configuraciones del viento dependiendo de cómo se distribuye la emisión: “núcleo-halo” para la emisión nuclear no resuelta, “disco” para estructuras similares a pequeños brazos espirales o discos, “burbuja” para las estructuras bicónicas, filamentosas o en forma de burbuja que emergen del núcleo y que el equipo identifica como candidatos a supervientos, y “polvoriento” cuando grandes cantidades de polvo ocultan la emisión nuclear.

“Además, combinando la información óptica con los rayos X, vemos una correlación entre ambas emisiones para un 60% de la muestra, lo que indica que ambas emisiones se generan en la misma región espacial de las galaxias activas (tipo LINER), como se ha visto ya en otras de mayor luminosidad”, concluye Laura Hermosa (IAA-CSIC).



Combinación de las regiones centrales de tres galaxias de la muestra (NGC5813, NGC5363 y NGC0266), donde se observa continuo en rojo y la emisión extendida del gas ionizado en azul verdoso. Todas son candidatas a superviento, aunque en la tercera destaca la emisión en los brazos espirales por regiones de formación estelar. Fuente: IAA-CSIC, telescopio NOT.

## Westerlund 1: un vivero de estrellas gigantes que emerge de las tinieblas

**ESTE CÚMULO AGLUTINA DISTINTOS TIPOS DE ESTRELLAS GIGANTES EN DIVERSAS FASES EVOLUTIVAS, Y CONSTITUYE UN LABORATORIO IDÓNEO PARA EL ESTUDIO DE LA FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRELLAS MASIVAS**



Imagen producida a partir de datos recopilados por ALMA (Chile), combinados con datos del Telescopio Espacial Hubble (NASA/ESA). Se aprecian "colas" de material similares a las de los cometas que se extienden desde algunas de las estrellas gigantes del cúmulo, producto de los vientos estelares. Estas colas apuntan lejos del núcleo del cúmulo, probablemente como resultado de los vientos generados por los cientos de estrellas calientes y masivas que se encuentran en la región central de Westerlund 1. Fuente: ESO/D. Fenech et al.; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

Las estrellas tienden a formarse en cúmulos, o grupos de entre diez y varios miles que, aunque presentan diferencias evolutivas, comparten la misma edad y composición. Entre los cúmulos que alberga la Vía Láctea destaca, en sus regiones internas, el jovencísimo cúmulo Westerlund 1 (Wd 1) que, con una edad inferior a los diez millones de años —como comparación, el Sol tiene cinco mil millones de años— está considerado el más masivo de nuestra Galaxia. Su población constituye un laboratorio idóneo para el estudio de las estrellas masivas que, sin embargo, se halla oculta tras una región polvorienta que dificulta su estudio. Ahora, un grupo científico ha conseguido atravesar esas "tinieblas", estimar la distancia del cúmulo con gran precisión y analizar la población estelar circundante.

La población de estrellas asociada a Westerlund 1, que parece un glosario de objetos gigantes, abarca todo tipo de estrellas masivas, desde gigantes y supergigantes de tipo O hasta supergigantes rojas, varias hipergigantes de tipo B extremadamente luminosas o varias hipergigantes amarillas, entre otras. Algunas muestran fases evolutivas raras y diferentes vías de interacción en sistemas binarios, lo que convierte este grupo de estrellas en la muestra idónea para desentrañar los procesos evolutivos de las estrellas

gigantes. Sin embargo, la determinación precisa de las masas y edades de las estrellas depende de los parámetros derivados para el cúmulo, y hasta ahora una de las principales incógnitas residía en su distancia, además del efecto de la extinción de la luz debida al polvo en esas regiones.

"Wd 1 es, sin duda, uno de los objetos más interesantes de nuestra Galaxia —señala Ignacio Negueruela, catedrático de la Universidad de Alicante que encabeza estudio—. Debido a la enorme cantidad de polvo a lo largo de nuestra línea de visión, incluso un telescopio tan avanzado como Gaia tiene dificultad para darnos datos de alta calidad. Ha sido necesario aplicar un complejo tratamiento estadístico a las observaciones para poder dar un valor tan preciso de la distancia. Pero Gaia nos ha proporcionado mucha

más información, ya que nos ha revelado el auténtico tamaño del cúmulo y nos ha permitido identificar estrellas en él que no se conocían".

Emilio J. Alfaro, investigador del IAA-CSIC y coautor del artículo, enfatiza la importancia de los datos de Gaia para seleccionar las estrellas que pertenecen al cúmulo y determinar su distancia precisa. "El cúmulo se encuentra a unos trece mil años luz del Sol, lo que implica que su masa está más próxima a las cien mil masas solares que a unas pocas decenas de miles, señalándolo como el cúmulo estelar joven más masivo del Grupo Local, si exceptuamos a R136 en la Nube Grande de Magallanes".

Los datos de Gaia-EDR3, junto con las nuevas observaciones espectroscópicas obtenidas con AAOmega (Espectrógrafo Omega asociado al

Telescopio Anglo-Australiano), han permitido al equipo hallar una concentración extensa de estrellas azules que pudiera estar localizada a unos seis mil quinientos años luz del Sol y que representaría un, hasta ahora desconocido, complejo de formación estelar o un segmento de brazo espiral.

"La detección de una concentración de estrellas azules, con un movimiento angular muy próximo al del cúmulo, pero a una distancia menor, requiere un estudio más detallado que nos muestre su naturaleza y origen. Esta dirección del plano galáctico es muy rica en estrellas jóvenes, y la determinación de la distancia de Wd 1 nos indica también la probable posición de uno de los brazos espirales internos, un dato fundamental para entender la complicada estructura espiral de la Vía Láctea", añade Emilio J. Alfaro (IAA-CSIC).

Solo los cúmulos globulares, viejas concentraciones de estrellas situadas en el halo galáctico, tienen un rango de masa comparable o superior a la de Westerlund 1 (entre diez mil y un millón de masas solares). Pero se trata de los objetos más antiguos de la Galaxia, con edades que superan los doce mil millones de años. Estudiar cómo se formó este joven enjambre estelar puede darnos las claves para entender cómo se forman los cúmulos más masivos en la actualidad y por qué estos son tan raros.

"Todas las estrellas que podemos llegar a ver en este cúmulo son mucho más masivas y luminosas que el Sol. Algunas son tan enormes que, si las colocáramos en el centro del Sistema Solar, llegarían casi hasta la órbita de Saturno. De hecho, una de ellas es candidata a ser la mayor estrella que conocemos. La importancia del cúmulo radica en que todos estos objetos extremos se pueden asociar con la población de la que proceden", concluye Ricardo Dorda, investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias que participa en el trabajo.

## Una galaxia enana aislada, inesperadamente afectada por su entorno

**EL HALLAZGO, QUE CUENTA CON LA PARTICIPACIÓN DEL IAA-CSIC, FUERZA UN CAMBIO EN LA CONCEPCIÓN DE LAS GALAXIAS AISLADAS**

Se sabe que las galaxias enanas son muestras prístinas del universo primitivo, especialmente cuando se hallan aisladas y no interactúan con galaxias masivas. Las observaciones con el radiotelescopio MeerKAT de WLM, un arquetipo de este tipo de galaxia, han revelado su fuerte interacción con el medio intergaláctico: un equipo internacional, con la participación del Instituto de IAA-CSIC, ha descubierto que la galaxia pierde gas por la presión de arrastre causada por su movimiento a través del medio. Se trata de la primera vez que se descubre una interacción con un medio de tan baja densidad, lo que revoluciona la actual comprensión de la evolución y formación de las galaxias enanas. El equipo concluye que, o bien estas regiones intergalácticas casi “vacías” no están realmente vacías, o bien la galaxia WLM es deficiente en materia oscura.

Las galaxias enanas se ven afectadas por todos los procesos evolutivos que normalmente se dan en las galaxias de cualquier masa. Al ser galaxias más débiles y menos masivas, son especialmente susceptibles a los mecanismos ambientales causados por una galaxia gigante cercana, como las mareas gravitacionales o la presión de arrastre debido al medio gaseoso circundante. Estos efectos se consideran las principales diferencias entre las poblaciones de galaxias enanas “satélite” y “de campo” (o “aisladas”).

WLM fue descubierta en 1909 por Max Wolf, y posteriormente confirmada por Knut Lundmark y Philibert Melotte (de ahí el nombre, WLM). Se encuentra a unos tres millones de años luz tanto de la Vía Láctea como de M31, y se cree que es un arquetipo de galaxia enana aislada que se formó en pleno aislamiento sin perturbaciones externas. Estudios anteriores apuntan a que la cantidad de materia oscura en esta galaxia es hasta noventa veces superior que la cantidad de materia ordinaria (compuesta por estrellas y gas).

WLM fue observada recientemente por el radiotelescopio MeerKAT, de reciente construcción y precursor del *Square Kilometre Array* (SKA) en África. A partir de datos de gran profundidad, el equipo científico identificó cuatro nubes de hidrógeno neutro (HI) extendidas en la dirección noroeste de WLM, en la dirección opuesta a su movimiento en el cielo según los datos del satélite Gaia. Roger Ianjamasimanana, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participa en el trabajo, explica: “Las cuatro nubes representan el 10% de la masa total de hidrógeno neutro de la galaxia. También hemos comprobado que existe un desfase espacial entre el gas de WLM y las estrellas”.

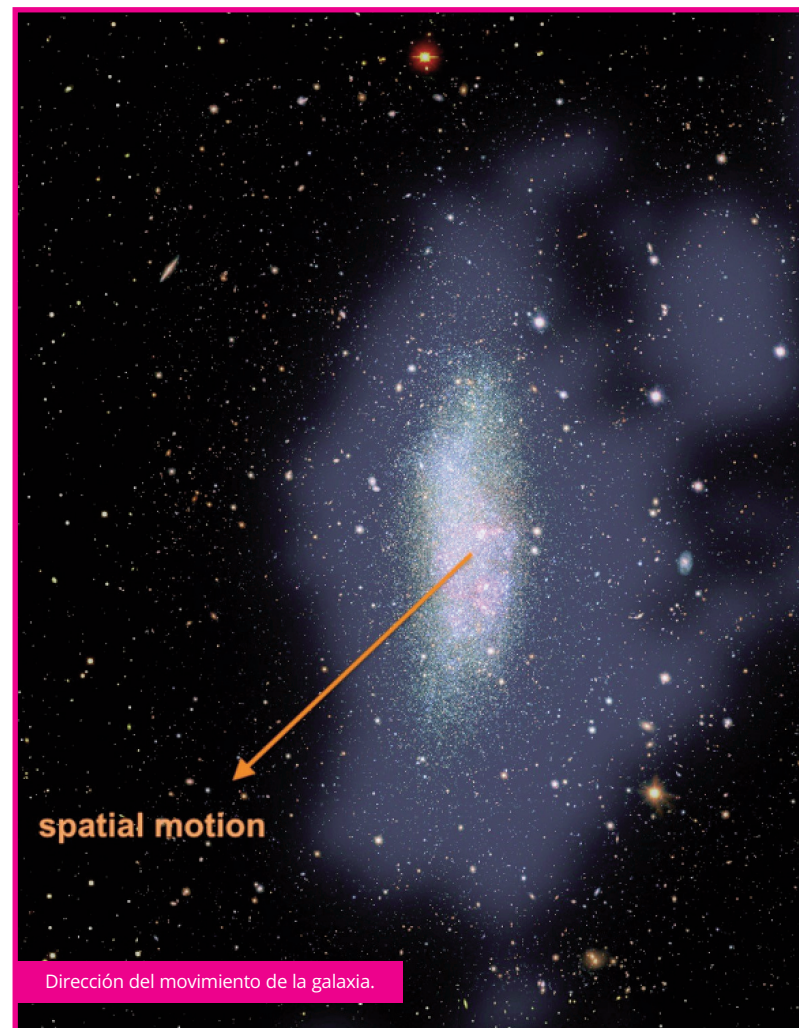
El estudio de estas cuatro nubes ha permitido concluir que el gas de WLM está sometido a un fuerte viento procedente del medio gaseoso circundante que atraviesa la galaxia y que está expulsando el gas fuera de la galaxia. El autor principal, Yanbin Yang (Observatorio de París y CNRS), aclara por qué esto es tan sorprendente: “Se supone que el medio intergaláctico en el que reside WLM

está casi vacío. Hasta ahora habíamos supuesto que no había nada que pudiera tener este efecto en una galaxia”.

El equipo realizó simulaciones por ordenador para estudiar el efecto en más detalle. “También en nuestras simulaciones encontramos que las observaciones solo pueden explicarse si el medio intergaláctico fuera mucho más denso de lo esperado. Parece que hemos encontrado una reserva de materia muy grande e inesperada en la estructura filamentosa del universo”,

apunta Yang. Otra posible explicación residiría en que la masa de WLM sea mucho menor y que no presente el porcentaje de materia oscura que se le atribuye. Pero esto sería revolucionario, ya que se cree que la masa de las galaxias está dominada por este componente invisible que solo interactúa gravitatoriamente.

Independientemente de la explicación, este estudio revoluciona la comprensión de las galaxias enanas, que ya no podrán considerarse totalmente aisladas.



## Detectados dos exoplanetas rocosos y calientes transitando una estrella cercana

**UN EQUIPO INTERNACIONAL, LIDERADO POR EL IAA-CSIC, HA DETECTADO DOS PLANETAS TELÚRICOS ORBITANDO LA ESTRELLA CERCANA HD 260655. EL DESCUBRIMIENTO HA COMBINADO DATOS DEL SATÉLITE ESPACIAL TESS Y DEL ESPECTRÓGRAFO CARMENES DEL TELESCOPIO DE 3.5 METROS DE CALAR ALTO**

En los últimos treinta años se han descubierto más de cinco mil planetas fuera del Sistema Solar. Sin embargo, hasta la fecha solo una pequeña fracción de ellos se ha revelado como de tipo telúrico, es decir, rocosos como Mercurio, Venus, la Tierra o Marte.

Combinando datos del satélite TESS (NASA) con observaciones realizadas por detectores en tierra, entre ellos el espectrógrafo CARMENES del Observatorio de Calar Alto (CAHA), un equipo liderado por Rafael Luque, del IAA-CSIC y la Universidad de Chicago, ha confirmado dos de estos mundos rocosos alrededor de HD 260655, una estrella enana roja cercana situada a tan solo a 32.6 años luz de distancia de nuestro Sistema Solar, lo que le convierte en el cuarto sistema planetario *multiéclipsante* más cercano detectado hasta el momento (la estrella más cercana al Sistema Solar, Próxima, está a 4.2 años luz).

TESS ha empleado el denominado método de los tránsitos para detectar mínúsculas disminuciones en el brillo

de la estrella provocadas por los planetas HD 260655 b y HD 260655 c al pasar por delante de ella. La capacidad de cuantificar con precisión estos minieclipses ha permitido determinar el tamaño de ambos exoplanetas, que han resultado ser dos *supertierras*, tan solo un poco mayores al nuestro en tamaño. El planeta b es 1.2 veces más grande que nuestra Tierra y el planeta c es 1.5 veces mayor.

Por otro lado, este sistema planetario ya había sido observado por el espectrógrafo CARMENES en 2016 mediante la técnica de las velocidades radiales, que permite determinar la masa de los planetas detectados. Conociendo la masa y el tamaño de ambos planetas, Luque y el resto del equipo han podido inferir su densidad, que ha resultado similar a la de los planetas telúricos, de unos cinco gramos por centímetro cúbico. “La combinación de ambas técnicas es

la única manera que tenemos de determinar la densidad de los planetas y de poder decir algo sobre sus estructuras internas. CARMENES seguirá en los próximos años aportando esta información, que será crítica para misiones futuras como PLATO o ARIEL”, declara Pedro Amado, investigador principal de CARMENES en España y uno de los autores del trabajo que ha sido presentado en la 240ª reunión de la Sociedad Astronómica Americana en Pasadena, California (AAS). Aunque, debido a sus altas temperaturas, ninguno de los planetas podría mantener agua en estado líquido en su superficie, la cercanía y el brillo de su estrella hacen que sean candidatos idóneos para investigar la composición química de sus posibles atmósferas con el telescopio espacial gigante James Webb, que pronto obtendrá sus primeras imágenes científicas. “Ambos planetas

se encuentran en el *top 10* para realizar observaciones de sus atmósferas con el telescopio espacial James Webb, que fue lanzado la pasada Navidad y está a punto de terminar su fase de calibraciones. Estos datos permitirán, primero, determinar con seguridad si estos planetas poseen una atmósfera tenue y, si es así, determinar su composición química. Aprender más sobre las atmósferas de los exoplanetas rocosos nos ayudará a entender la formación y la evolución de los mundos parecidos al nuestro” confirma Rafael Luque (IAA-CSIC, U. Chicago).

Para Jesús Aceituno, director del Observatorio de Calar Alto, “este trabajo es una nueva prueba del potencial de CARMENES para revelar los mejores exoplanetas que podrán seguir observándose con la nueva generación de telescopios espaciales y gigantes”.



Crédito: NASA/JPL-Caltech.

## Se halla un posible fósil galáctico en las cercanías de Andrómeda

**UNA GALAXIA ENANA ULTRADÉBIL HA SIDO DESCUBIERTA, EN EL MARCO DE UN PROYECTO ENCABEZADO POR EL IAA-CSIC, EN LOS LÍMITES EXTERIORES DE LA GALAXIA DE ANDRÓMEDA. ES PROBABLE QUE SEA UN FÓSIL DE LAS PRIMERAS GALAXIAS**

A lo largo de las últimas dos décadas se ha producido una explosión en la detección de galaxias enanas débiles en el Grupo Local, el grupo de galaxias al que pertenece la Vía Láctea y en el que destaca, por tamaño, la vecina Andrómeda. Pero, a pesar de los nuevos descubrimientos, el número aún no se halla en concordancia con las predicciones teóricas, que apuntan a un número muy superior de este tipo de galaxias. Ahora, una inusual galaxia ultradébil ha sido descubierta en los bordes de Andrómeda, y su hallazgo abre la posibilidad de que el problema de estas galaxias satélite “perdidas” se deba a las limitaciones en la capacidad de detección de los instrumentos disponibles.

“Hemos encontrado una galaxia extremadamente débil, Pegasus V, cuyas estrellas se formaron muy temprano en la historia del universo –señala Michelle Collins, astrónoma de la Universidad de Surrey (Reino Unido) y primera autora del artículo–. Se trata de la primera vez que se encuentra una galaxia tan débil alrededor de la galaxia de Andrómeda mediante un estudio astronómico que no fue diseñado específicamente para la tarea”.

Cuando el astrónomo aficionado Giuseppe Donatiello halló, a simple vista, una “mancha” interesante en

los bordes de la galaxia Andrómeda en datos de archivo, se activó un dispositivo mayor. “Nuestra búsqueda está basada en la inspección visual de las imágenes profundas del *DES/ Legacy Surveys*, lo que nos ha permitido localizar hasta ahora más de una docena de candidatas a galaxias satélites de Andrómeda o de su galaxia compañera M33 –apunta David Martínez-Delgado, investigador Talentia Senior del IAA-CSIC que encabeza el proyecto de detección de galaxias enanas en el que se enmarca este hallazgo–. Debido a su distancia y baja densidad estelar, estas galaxias aparecen parcialmente resueltas en las imágenes, y han pasado desapercibidas para los algoritmos de búsqueda automática de proyectos similares. Para confirmarlas, necesitamos imágenes profundas tomadas con telescopios de ocho metros, como el Gemini North en Hawái”.

El hallazgo es un ejemplo de la fructífera relación entre la astronomía aficionada y profesional, ya que la búsqueda sistemática de Donatiello en los archivos ya ha revelado seis

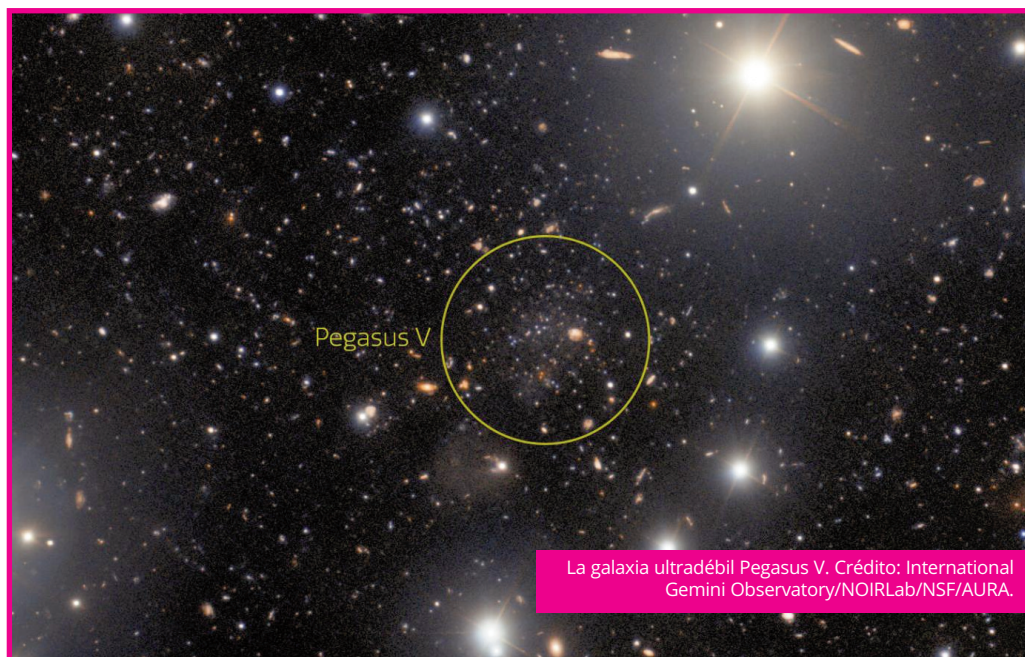
candidatas a galaxia enana.

Las observaciones más profundas tomadas con el telescopio Gemini North revelaron estrellas viejas y débiles en la recién hallada Pegasus V, y confirmó que se trata de una galaxia enana ultradébil situada en las afueras de la galaxia de Andrómeda. Además, los datos mostraron que la galaxia parece ser extremadamente deficiente en elementos más pesados que el hidrógeno y el helio en comparación con galaxias similares, de modo que es muy antigua; de hecho, probablemente se trate de un fósil de las primeras galaxias del universo.

Las galaxias más débiles se consideran fósiles de las primeras galaxias que se formaron, y estas reliquias galácticas contienen pistas sobre la formación de las primeras estrellas. Si bien se estima que galaxias débiles como Pegasus V deben ser muy abundantes en el universo, aún no han descubierto tantas como se predice. “Si realmente hay menos galaxias débiles de las predichas, existe un problema con la comprensión de la cosmología y la materia

oscura –apunta David Martínez-Delgado (IAA-CSIC)–. De ahí la importancia de descubrir ejemplos de estas galaxias débiles, que resultan extremadamente difíciles de detectar porque aparecen como unas pocas estrellas dispersas escondidas en vastas imágenes del cielo”. “Esperamos que un mayor estudio de las propiedades químicas de Pegasus V proporcione pistas sobre los periodos más tempranos de formación estelar en el universo”, concluye Michelle Collins (U. Surrey).

Las futuras instalaciones astronómicas arrojarán más luz sobre este tipo de galaxias débiles. Pegasus V fue testigo de un momento en la historia del universo conocido como reionización, y otros objetos que se remontan a ese periodo pronto se observarán con el telescopio espacial James Webb (NASA). También se espera descubrir otras galaxias débiles similares con el Observatorio Vera C. Rubin (NOIRLab-NSF), que llevará a cabo un sondeo sin precedentes del cielo de una década de duración.



La galaxia ultradébil Pegasus V. Crédito: International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA.

## Los mundos acuáticos podrían ser más comunes de lo esperado

**EL IAA-CSIC ENCABEZA UN ESTUDIO QUE HALLA EVIDENCIAS DE LA EXISTENCIA DE ABUNDANTES PLANETAS EXTRASOLARES COMPUESTOS DE HIELO Y ROCA ALREDEDOR DE ESTRELLAS ENANAS**

El agua constituye el elemento esencial para la vida en la Tierra, y el ciclo del agua contribuye a mantener el clima de nuestro planeta estable y benévolo. Así, en la búsqueda de vida en nuestra galaxia los planetas con agua líquida en la superficie figuran entre los candidatos idóneos. Un nuevo estudio, publicado en *Science*, sugiere que muchos de los planetas conocidos como supertierras o mini-neptunos pueden albergar grandes cantidades de agua, con composiciones de hasta un 50% roca y un 50% agua (en comparación, la Tierra está compuesta por solo un 0.02% de agua). Pero esa agua se encuentra posiblemente bajo la corteza, en lugar de fluir por la superficie en forma de océanos o ríos.

Gracias a los avances en los instrumentos de observación, el hallazgo de planetas en otros sistemas solares aumenta a pasos de gigante. Y un mayor número de planetas bien caracterizados permite identificar patrones demográficos, igual que

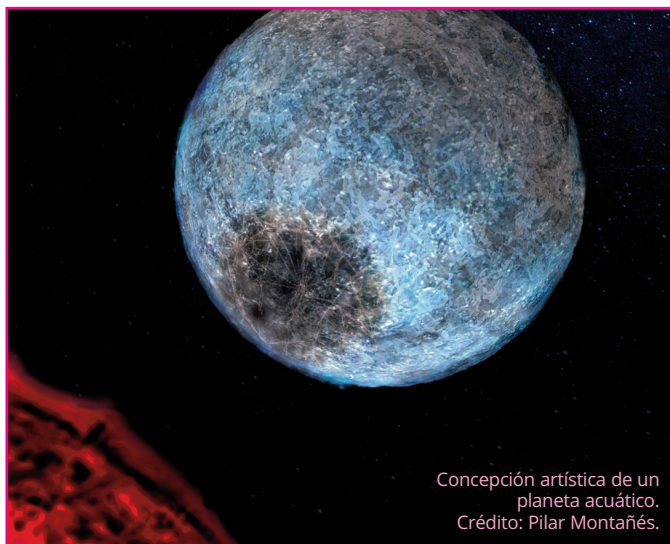
observar la población de una ciudad entera puede revelar tendencias difíciles de detectar a nivel individual.

En el estudio recién publicado se analizan todos los planetas detectados en estrellas enanas M, un tipo de estrellas menos masivas que el Sol y las más abundantes en nuestra galaxia, la Vía Láctea. "Fue una sorpresa descubrir evidencias de tantos mundos acuáticos que orbitan el tipo de estrella más común en la galaxia", apunta Rafael Luque, investigador del IAA-CSIC y de la Universidad de Chicago que encabeza el trabajo. "Tiene enormes consecuencias para la búsqueda de planetas habitables".

### EN BUSCA DE MUNDOS ACUÁTICOS

Los hallazgos de planetas en torno a enanas M son numerosos, pero se trata de hallazgos indirectos, realizados gracias al estudio de los efectos de los planetas sobre sus estrellas: bien analizando la disminución de brillo que se produce cuando el planeta pasa por delante de su estrella, o estudiando el pequeño tirón gravitatorio que el planeta ejerce sobre ella al girar a su alrededor.

"Cada una de las dos formas diferentes de descubrir planetas te aporta una información complementaria. Al captar la disminución de brillo producida cuando un planeta cruza frente a su estrella podemos determinar el diámetro del planeta, y al medir la diminuta atracción gravitacional que un planeta ejerce sobre una estrella podemos calcular su masa", apunta



Concepción artística de un planeta acuático. Crédito: Pilar Montañés.

Enric Pallé, investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias y de la Universidad de La Laguna y coautor del trabajo.

Combinando el diámetro y la masa puede medirse la composición del planeta, y determinar si se trata, por ejemplo, de un planeta gigante gaseoso como Júpiter o de un planeta pequeño, denso y rocoso como la Tierra. Al estudiar una población de cuarenta y tres planetas, emergió una imagen sorprendente: la baja densidad de un gran porcentaje de los planetas sugiere que estos planetas son probablemente mitad roca y mitad agua.

Aunque la primera idea que puede surgir al contemplar esas proporciones apunte a grandes océanos, estos planetas se encuentran tan cerca de sus soles que si existiera agua en la superficie se hallaría en una fase

gaseosa supercrítica, lo que aumentaría su radio. "Pero eso no es lo que vemos en las muestras, lo que sugiere que el agua no está en forma de océano superficial", explica Rafael Luque, que realizó gran parte del estudio durante su tesis en el Instituto de Astrofísica de Canarias. El hallazgo contradice la idea generalizada de que estos mundos son o bien secos y rocosos o bien tienen una extensa y tenue atmósfera de hidrógeno, helio, o ambos. Por el contrario, estos mundos se dividen claramente en dos familias: rocosos o acuáticos. Este escenario refuerza una de las teorías de formación planetaria más aceptadas, que sugiere que los mundos rocosos se forman en las partes internas de sus sistemas solares, mientras que los mundos acuáticos se forman en las regiones más externas y después migran hacia el interior con el tiempo.

Aunque los indicios resultan convincentes, el siguiente paso consiste en obtener una prueba irrefutable de que estos planetas son mundos acuáticos, lo que se espera conseguir con el JWST, recientemente lanzado por la NASA y sucesor del telescopio espacial Hubble.



# El IAA-CSIC consigue por segunda vez el distintivo de Centro de Excelencia Severo Ochoa

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha obtenido por segunda vez el distintivo de Centro de Excelencia Severo Ochoa, una acreditación que reconoce a los centros que realizan investigación básica de frontera y se encuentran entre los mejores del mundo en su área de trabajo. Dotado con un presupuesto de un millón de euros anual durante cuatro años, el distintivo forma parte del Subprograma Estatal de Fortalecimiento Institucional del Programa Estatal para Impulsar la Investigación Científico-Técnica y su Transferencia. El IAA-CSIC renueva así la distinción obtenida para el periodo 2018-2022.

“Es un reconocimiento a la excelencia investigadora y a la labor realizada durante la anterior acreditación. El proyecto Severo Ochoa ha tenido un efecto transformador en términos de atraer talento internacional, rejuvenecer nuestra plantilla, aumentar la producción científica, reforzar el trabajo en infraestructuras estratégicas internacionales, implementar un ambicioso programa de formación, y ganar visibilidad internacional para el centro”, afirma Antxon Alberdi, Director del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Fundado en 1975, el IAA es uno de los mayores centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Centro de referencia internacional en astrofísica, el IAA-CSIC obtuvo su primer distintivo Severo Ochoa en el periodo 2018-2022. La nueva concesión para el periodo 2023-2026 hará posible que el centro prosiga su crecimiento, con la feliz coincidencia de que el IAA cumplirá medio siglo de actividad ostentando la acreditación más prestigiosa para un centro de investigación.

En el IAA se investiga en todas y cada una de las principales áreas de la Astrofísica moderna, desde la gravedad cuántica al sistema solar y los planetas extrasolares, pasando por la estructura de nuestra Galaxia, la evolución de las galaxias y la cosmología. Esta investigación se apoya en tres pilares fundamentales: la obser-

vación de fenómenos astrofísicos con los medios más sofisticados, el desarrollo de nueva instrumentación y el estudio teórico y desarrollo de simulaciones numéricas. Esta amplitud de conocimientos y técnicas, y la interconexión entre ellos, facilita que el IAA lidere grandes proyectos internacionales de investigación.

En el periodo 2018-2022, se han definido o impulsado nuevas líneas de investigación, aprovechando nuestro potencial sinérgico. El personal del IAA experto en las atmósferas de los planetas del sistema solar, la física estelar, la búsqueda y estudio de exoplanetas y el medio interestelar, han unido sus esfuerzos y habilidades, incorporando tanto la modelización teórica como el enfoque observacional en diferentes longitudes de onda, con la valiosa contribución del instrumento CARMENES. Los estudios de la población estelar en el Centro Galáctico se han ampliado con la identificación del movimiento propio de grupos de estrellas en movimiento conjunto. El IAA ha desempeñado un papel clave en el análisis de los datos del *Event Horizon Telescope* (EHT), que capturó la primera imagen de un agujero negro, en la galaxia M87, y recientemente en la Vía Láctea, allanando el camino para los tests de alta precisión de la relatividad general. El IAA es miembro activo de la colaboración J-PAS, que proporcionará un mapa 3D sin precedentes del universo; varios programas científicos galácticos y extragalácticos de J-PAS y sus precursores, J-PLUS y miniJPAS, están siendo liderados por el IAA. El IAA también tiene una fuerte tradición de estudios sobre evolución de galaxias, en particular en cuanto a la interacción entre la acreción de materia, la formación estelar y los núcleos activos, y su impacto en las galaxias anfitrionas.

El IAA lidera desarrollos tecnológicos para el espacio, entre ellos, instrumentos ya en vuelo para las misiones *Bepicolombo* (2018) y *Solar Orbiter* (2020), que estudian respectivamente Mercurio y el Sol. El centro trabaja en desafiantes proyectos de

futuro, como la misión JUICE, que explorará Júpiter y sus lunas mayores, PLATO, que caracterizará planetas similares al nuestro alrededor de otras estrellas, *Comet Interceptor*, la nueva misión de la ESA para estudiar un cometa prístino, *EnVision*, coordinada por ESA y NASA para el estudio de Venus, o *Vigil*, para el estudio de la climatología espacial.

Además, el IAA está involucrado en el desarrollo de las infraestructuras internacionales de investigación más ambiciosas de la astrofísica mundial, que harán aportaciones únicas en las fronteras del saber. El IAA lidera la participación científica y tecnológica de España en el *Square Kilometre Array* (SKA), el radiotelescopio más grande del mundo. Participa en el desarrollo del *European Solar Telescope* (EST) que será el mayor construido en Europa, así como en dos de los instrumentos del Telescopio Extremadamente Grande (ELT/ESO), MOSAIC y ANDES. También participa en el desarrollo del *Cherenkov Telescope Array* (CTA), que será el principal observatorio de rayos gamma de muy alta energía durante las próximas décadas. El IAA también colidera el desarrollo del próximo instrumento para el telescopio de 3.5 metros del Observatorio de Calar Alto, TARSIS.

“Con este nuevo Severo Ochoa consolidaremos nuestro papel de liderazgo como centro de referencia para la investigación en astrofísica y ciencia espacial en el entorno internacional. Fortaleceremos nuestras líneas de investigación estratégicas, fomentando sinergias, aprovechando nuestra experiencia en astronomía multi-rango (desde el universo caliente en los rayos gamma hasta el más frío en frecuencias radio), y en técnicas de observación y análisis avanzadas (espectroscopía integral de campo, astronomía de alta resolución angular, espectropolarimetría o aplicaciones de inteligencia artificial)”, afirma Isabel Márquez, Directora Científica del proyecto Severo Ochoa del IAA.