

IAA

79

AGOSTO DE 2026

www.iaa.csic.es/revista

Información y actualidad astronómica

Revista de divulgación del Instituto de Astrofísica de Andalucía

THIRSTEE y la gran oportunidad en torno a los mundos acuáticos



INSTITUTO DE
ASTROFÍSICA DE
ANDALUCÍA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



CSIC

El sistema GJ 357, en el que se ven los planetas b y c
a lo lejos y d en primer plano. Crédito: CSI/ Jack Madden

Comité de redacción: Emilio J. García, Celia Navas, Amanda López, Sebastiano de Franciscis, Sara Cazzoli, Raúl González Díaz, Marcos Villaverde Aparicio, Teresa Gallego Calvente, Fernando Alcalá-Zamora Ruiz, Isidro Gómez Vargas, María Arias de Saavedra Benítez, Jorge Iglesias y José María García Morillo.

Diseño: Silbia López de Lacalle y Celia Navas. **Edición y maquetación:** Celia Navas. **Contacto:** ucc@iaa.es

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

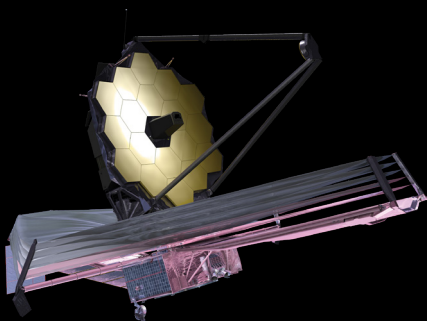
Esta es una revista de acceso abierto distribuida bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

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

SUMARIO

THIRSTEE y la gran oportunidad en torno a los mundos acuáticos ...	3
Señales inesperadas, ¿un exoplaneta cuántico? y campos magnéticos de otros mundos ...	7
El Moby Dick de Guillermo Blázquez Calero - El objeto estelar SVS 13 ...	12
Otras miradas - Entre la pintura y la cosmología ...	14
Deconstrucción - La Nebulosa Ojo de Gato ...	16
Actualidad ...	18
Historias - Un duradero experimento científico ...	26
Los expedientes del Profesor Cosmo ...	28
Destacados ...	30
Recomendados - Especial Eclipses ...	31



El IAA-CSIC logra cerca del 5% del tiempo total de observación en el telescopio espacial James Webb

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha obtenido una participación destacada en el quinto ciclo de los programas de Observador General (GO) del telescopio espacial James Webb (JWST), tras lograr la aprobación de cinco programas que suman 407 horas de observación, incluida la propuesta de mayor duración concedida en esta convocatoria.

En particular, este año solo se han aprobado diez programas Large —los más ambiciosos en duración e impacto científico—, y dos de ellos están liderados desde el IAA-CSIC, que concentra además la mayor parte del tiempo asignado a España.

En conjunto, los cinco proyectos concedidos suponen cerca del 80% del tiempo total liderado por instituciones españolas en el Ciclo 5, lo que sitúa al IAA-CSIC como uno de los centros con mayor peso en esta convocatoria.

La participación del centro de Excelencia Severo Ochoa se articula en varios proyectos: Rafael Luque lidera un programa Lar-

ge de 196,4 horas —el de mayor duración aprobado este año— para desentrañar los secretos de los subneptunos; Rainer Schödel es el investigador principal de un programa Treasury Large de 143,2 horas, centrado en un muestreo en dos bandas del centro de la Vía Láctea; Nicholas Scarsdale ha obtenido un programa Small de 50 horas para analizar la química atmosférica de subneptunos; y Rubén Fedriani participa en dos programas Very Small de 9 horas cada uno, dedicados al estudio de la formación de estrellas masivas en entornos extremos, en uno como investigador principal y en otro como coinvestigador principal.

Además, el investigador del IAA-CSIC Leonardos Gkouvelis participa como coinvestigador en otro programa aprobado, con 38,3 horas de observación concedidas, centrado en el estudio de la atmósfera del exoplaneta rocoso 55 Cancri e mediante medidas simultáneas en el óptico e infrarrojo. Estas horas se suman al tiempo total concedido al centro en esta convocatoria.

UNA CONVOCATORIA INTERNACIONAL ALTAMENTE COMPETITIVA

El telescopio espacial James Webb (JWST) es el mayor y más potente observatorio espacial construido hasta la fecha, diseñado para estudiar el universo en el infrarrojo y abordar desde la formación de las primeras galaxias hasta el nacimiento de estrellas y planetas.

Cada año, la comunidad científica internacional compite por obtener tiempo de observación a través de sus programas de observador general (GO), convocatorias altamente competitivas que definen las prioridades científicas del telescopio en cada ciclo.

La convocatoria ha vuelto a evidenciar su alta competitividad: de las 2.855 propuestas presentadas —con más de 100.000 horas de observación solicitadas— solo 254 han sido seleccionadas, repartiendo unas 8.000 horas disponibles. En total, han participado 7.363 investigadores de 849 instituciones de todo el mundo.

THIRSTEE y la gran oportunidad en torno a los mundos acuáticos

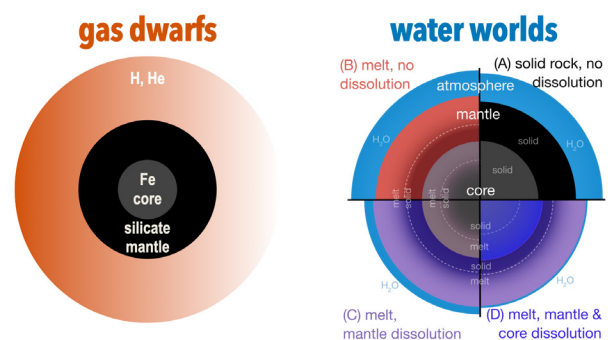
LOS SUBNEPTUNOS (PLANETAS CON UN RADIO APROXIMADO DE 1,7 A 3,5 RADIOS TERRESTRES) SON UNA DE LAS POBLACIONES MÁS COMUNES DE EXOPLANETAS. SIN EMBARGO, SU COMPOSICIÓN INTERNA ES OBJETO DE DEBATE: ALGUNOS PODRÍAN SER «GAS-DWARFS», CON UN NÚCLEO ROCOSO Y UNA ENVOLTURA RICA EN HIDRÓGENO Y HELIO, MIENTRAS QUE OTROS SERÍAN MUNDOS ACUÁTICOS, FORMADOS MÁS ALLÁ DE LA LÍNEA DE NIEVE Y POSTERIORMENTE DESPLAZADOS HACIA ÓRBITAS CERCANAS A SU ESTRELLA MEDIANTE MIGRACIÓN PLANETARIA. DISTINGUIR AMBOS ESCENARIOS ES DIFÍCIL, YA QUE COMPOSICIONES MUY DIFERENTES PRODUCEN MASAS Y RADIOS SIMILARES. AHORA, EL PROYECTO THIRSTEE, FINANCIADO POR UNA ERC STARTING GRANT, PROMETE REVOLUCIONAR NUESTRO CONOCIMIENTO SOBRE LOS SUBNEPTUNOS.

Por Rafael Luque (IAA-CSIC)

Hace cinco años, cuando llegué por primera vez al Instituto de Astrofísica de Andalucía para trabajar como postdoc Severo Ochoa junto a Pedro Amado, la investigación dentro del campo de los exoplanetas más pequeños que Neptuno estaba dominada por una interpretación del “radius gap” o su distribución bimodal de tamaños: supertierras y subneptunos separados en tamaño, pero con un mismo origen. Los primeros, rocosos y más calientes, dada su cercanía a la estrella, no tenían o habían perdido su atmósfera. Los segundos, en general más fríos, con grandes atmósferas de hidrógeno, pero con un núcleo rocoso igual que sus vecinos —algo que en el campo se conoce como “gas dwarfs”—. Esta explicación sencilla, elegante y apoyada en las remesas de descubrimientos de la misión Kepler de la NASA fue asentándose progresivamente hasta ser casi unánime, en detrimento de la primera teoría que había sido planteada en el año 2004 para los descubrimientos iniciales de los planetas con masas entre cinco y diez veces la de la Tierra. Aquellos científicos franceses y su teoría de los mundos acuáticos planteaban, usando los instrumentos de velocidades radiales, una idea distinta: estábamos ante exoplanetas formados como los cometas, compuestos por roca y hielo, en las zonas más lejanas del sistema estelar, y que con el tiempo habían migrado hacia las zonas más internas, lugar en el que se producía su descubrimiento.

Si bien la posibilidad de los mundos acuáticos nunca había sido declarada inválida, la falta de nuevos artículos e investigaciones en su favor hizo que la comunidad tendiera a ir dejándola en el olvido

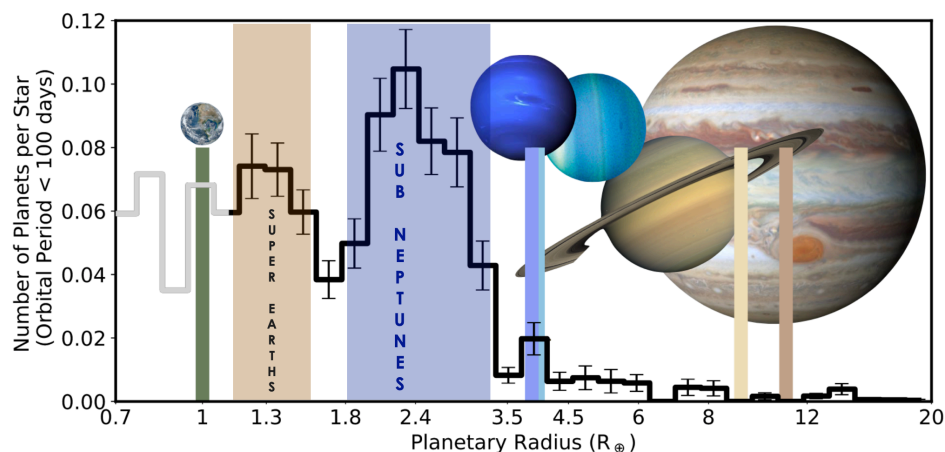
Así que, por entonces, si bien la posibilidad de los mundos acuáticos nunca había sido declarada inválida, la falta de nuevos artículos e investigaciones en su favor hizo



Representación esquemática de la estructura interna y composición de las dos interpretaciones de los subneptunos. Crédito: Rafael Luque y Haiyang Luo (Luo et al. 2024)

que la comunidad tendiera a ir dejándola en el olvido. Existía una importante salvedad en forma de limitación tecnológica: los estudios derivados de Kepler no tenían acceso a conocer la densidad de estos planetas, por lo que estaban limitados a realizar sus interpretaciones a través del estudio de los tamaños. Por tanto, todo cambió cuando TESS entró en escena y sus nuevas detecciones planetarias pudieron combinarse con las mediciones de masa aportadas por el instrumento CARMENES desde el Observatorio de Calar Alto.

Con este espectrógrafo, y aun contando con la limitación de centrarse en los planetas rocosos orbitando estrellas enanas rojas —para los que TESS estaba diseñado—, se abrió una ventana de oportunidad para volver a reflexionar sobre la naturaleza de los mundos más pequeños que Neptuno. Fue entonces cuando, desde el IAA y junto a Enric Pallé, mi supervisor de tesis en el Instituto de Astrofísica de Canarias, llevé a cabo el estudio que desembocaría en el paper “Density, not radius, separates rocky and water-rich small planets orbiting M dwarf stars” publicado en Science en el año 2022, pero que se empezó a cocinar en los últimos meses de tesis. Allí donde debería esperarse una diversidad de densidades que confirmara la explicación asentada de los “gas dwarfs”, las mediciones de masa obtenidas con CARMENES conducían en sentido contrario. Aquel resultado contó con una gran recepción entre la comunidad científica y, en último término, permitió



Distribución demográfica de tamaños de los exoplanetas descubiertos por la misión Kepler. Crédito: Rafael Luque y Fulton et al. (2017)

confirmar que, como mínimo, la antigua explicación de los mundos acuáticos era la más plausible para aquella observación centrada en un planeta con un tamaño entre el de la Tierra y Neptuno orbitando una enana roja.

Desde entonces, los nuevos descubrimientos han ido acumulándose en la misma dirección para demostrar la existencia de mundos acuáticos en el contexto planteado, pero el interrogante que se centra en los escenarios donde la estrella es de tipo solar ha seguido abierto debido a las limitaciones en instrumentación. No obstante, ahora, gracias a instrumentos como ESPRESSO y MAROON X, en paralelo a las próximas misiones como PLATO de la ESA o Earth 2.0 de la Agencia Espacial China, la investigación permitirá que el estudio de los planetas de tipo subneptuno en torno a estrellas de tipo solar pase a un primer plano. Por descontado, seguiremos necesitando telescopios más grandes y precisos para poder recibir datos verdaderamente fiables de estos sistemas estelares; y también se mantiene la problemática sobre la inferencia de la estructura interna de un planeta concreto, algo que no tenemos la capacidad de realizar.

UN MÉTODO PROMETEDOR PARA UNA NUEVA ERA

Es en la confluencia planteada por este escenario concreto donde nació el proyecto THIRSTEE (*Tracking Hydrates In Refined Sub-neptunes to Tackle their Emergence and Evolution*), financiado por una *Starting Grant* del Consejo Europeo de Investigación (ERC) para el periodo 2025-2030 y que venimos desarrollando en el IAA desde el año pasado. La premisa es la siguiente: frente al callejón sin salida de los análisis individuales que conducen a modelos que pueden predecir soluciones contrarias, se plantea emplear el acceso concedido a los datos de mayor calidad posible para el estudio de atmósferas y densidades de planetas de tipo subneptuno con el objetivo último de realizar un mapa demográfico que podamos comparar con modelos de formación y evolución planetaria. Si, como se plantea habitualmente, el planeta más común en la galaxia es el de tipo subneptuno —que no tenemos en nuestro sistema solar—, ¿podríamos inferir que la teoría de los mundos acuáticos en torno a enanas rojas también funciona para los subneptunos en tor-

no a estrellas de tipo solar? Esa es la cuestión aún no resuelta a la que tratará de responder THIRSTEE.

Para llevar a cabo este proyecto, hemos empezado a usar los mejores telescopios de cara a conseguir una muestra tres veces mayor a lo que hasta ahora se ha podido conseguir y, gracias al trabajo completo, interno y sincronizado del grupo de investigación, podremos realizar un análisis homogéneo, con las mismas técnicas, mismas herramientas y mismas pautas de trabajo para el análisis de datos. Como se ha demostrado de forma recurrente en la ciencia, y específicamente en el campo de la astronomía, esta metodología conduce a conclusiones, en uno u otro sentido, más claras y robustas.

THIRSTEE plantea emplear datos de la mayor calidad posible para el estudio de atmósferas y densidades de planetas de tipo subneptuno con el objetivo último de realizar un mapa demográfico que podamos comparar con modelos de formación y evolución planetaria



El equipo investigador de THIRSTEE. Crédito: Fernando Alcalá-Zamora Ruiz



El proyecto se basa en **datos de los mejores telescopios del mundo** y un **nuevo análisis estadístico** para inferir las propiedades de la población global



Logo del proyecto THIRSTEE. El proyecto está dividido en tres grupos de trabajo que cubren diferentes aspectos observacionales y teóricos del estudio de subneptunos: atmósferas, densidades y análisis demográficos. Crédito: Rafael Luque

El proyecto se divide en tres grupos de trabajo:

1. Estudio y caracterización de la atmósfera de subneptunos
2. Medida de las densidades de estos planetas usando el método de la velocidad radial
3. Análisis estadístico de poblaciones

En el primer campo trabajan Nicholas Scarsdale y Yue Yu, investigador postdoctoral y estudiante de doctorado, respectivamente, empleando datos del telescopio espacial James Webb. Desde el ciclo 3 (2023) he participado —en rol de líder o como parte del equipo— en todos los programas aprobados que estudian subneptunos, por lo que tenemos acceso a la mejor y mayor muestra posible. En cualquier caso, dado que la competición para obtener tiempo es altísima, estrechamos el cerco yéndonos a los sistemas más óptimos y brillantes. Sobre los candidatos disponibles seleccionados, ellos se encargan de reducir y analizar las observaciones, caracterizar la atmósfera y estudiar la abundancia química de la misma para inferir la estructura interna del planeta, tarea que llevamos a cabo en función de diferentes ejes: según un rango de temperatura y edades muy amplio que, llegada la fase del estudio poblacional, permitirá encontrar diferencias en el modelo.

El segundo grupo de trabajo lo componen Pedro Figueira y Pierrot Lamontagne, siguiendo la misma estructura de roles. También cuenta con la gran fortaleza del acceso a un número altísimo de horas de observación, obtenidas en tiempo abierto de competición y en colaboración principalmente con investigadores del Instituto de Astrofísica de Canarias y de la Universidad de California en Santa Cruz, en telescopios de ambos hemisferios que cuentan con instrumentos de velocidad radial. Gracias a ello, triplicaremos la muestra de mediciones de masa de planetas de tipo subneptuno existente, que hasta ahora es muy escasa, y lo haremos en objetivos que puedan ser observados con el JWST, por lo que se conseguirá una gran sinergia entre ambos equipos para llevar a cabo

mediciones de radio, masa y atmósfera.

El tercer campo de trabajo, centrado en el análisis estadístico de poblaciones, será el último en ponerse en funcionamiento. No obstante, ya estamos empezando a desarrollar el marco matemático y estadístico para llevar a cabo los análisis, pues estamos ante un reto nuevo no abordado hasta ahora: combinar dentro del mismo análisis el estudio de planetas caracterizados con técnicas diferentes. Se habían llevado a cabo estudios estadísticos tanto para planetas descubiertos con tránsito como para aquellos descubiertos con la técnica de velocidades radiales, pero aquí la clave es aunar tránsito, velocidad radial y atmósfera, teniendo en cuenta los sesgos de cada técnica de cara a poder corregirlos. Por tanto, se requiere de esa fase previa de desarrollo matemático, prueba y depuración que, finalmente, permitirá recibir y analizar las mediciones recabadas.

INICIO ALENTADOR CON VISTAS AL FUTURO

Aunque se trata de un proyecto con una duración de cinco años, los primeros datos que estamos obteniendo del telescopio James Webb son muy prometedores, por lo que ya están en preparación dos artículos sobre caracterización atmosférica de subneptunos que orbitan estrellas como el Sol, aunque más jóvenes. Contamos con una precisión bastante alta de las medidas de su composición química, pues parece que no hemos detectado la presencia de nubes y, además, las estrellas elegidas no tienen una actividad magnética alta, dos de los factores que imposibilitan este tipo de estudios.

Los primeros datos que estamos obteniendo del telescopio James Webb son muy prometedores: ya están en preparación dos artículos sobre caracterización atmosférica de subneptunos que orbitan estrellas como el Sol, aunque más jóvenes

En lo relativo al equipo de velocidades radiales, hemos conseguido el programa más grande para cualquier telescopio de la ESO este año, de 300 horas de duración, por lo que desde mayo se está empezando a tomar datos a muy bien ritmo y la calidad es lo suficientemente buena para hacer algo no conseguido hasta la fecha: llegar a la precisión necesaria para saber si los mundos acuáticos más pequeños existen o no, sin vernos obligados a hacer inferencias negativas por un sesgo en la limitación instrumental.

Hasta ahora solo podíamos detectar supertierras, pero ese escenario no podía descartar que los mundos acuáticos estuviesen ahí, a la espera de poder llegar a medir su masa y detectarlos. Por tanto, podremos estar en disposición de empezar a despejar las dudas sobre su existencia y sobre lo comunes que pueden ser.

Aparte, también ha sido aprobado otro *large program* en el JWST, liderado desde aquí, que contará con una gran colaboración internacional entre los mayores expertos del mundo en subneptunos, que cubre más de treinta investigadores de doce países diferentes. Empezaremos a recabar los datos el año que viene y estudiaremos la atmósfera de este tipo de exoplanetas ubicados en sistemas en cadenas de resonancia, pero ya están en desarrollo artículos de preparación con modelos teóricos y nuevos formalismos para el estudio tanto del interior como de la atmósfera de estos subneptunos.

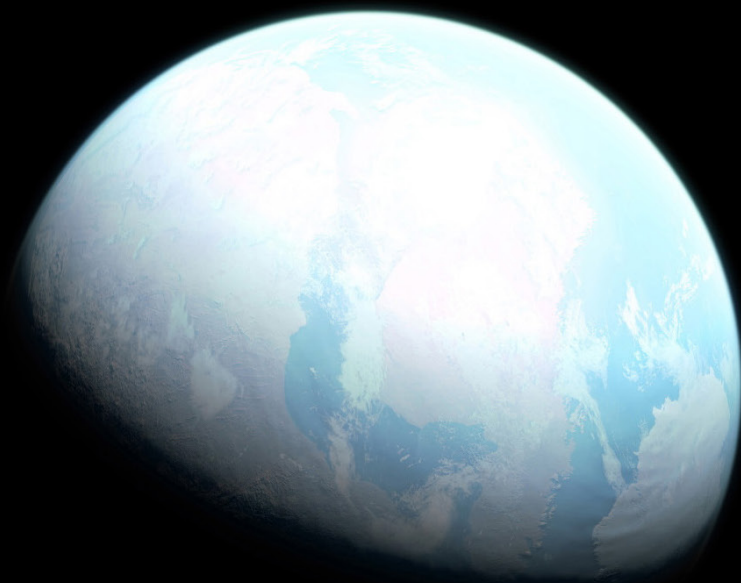
En definitiva, el campo está en total ebullición y la producción científica esperada es tan alta como prometedora. Es cierto que, cuando hablamos de mundos acuáticos, en el horizonte siempre aparece la expectativa y la pregunta sobre los biomarcadores. Debemos ser conscientes de que a nivel tecnológico la mera búsqueda de agua en planetas de tipo terrestre orbitando estrellas como el Sol no será posible hasta las décadas de 2040 o 2050. Pero, para subneptunos, los primeros resultados anunciados sobre la detección de moléculas de interés, como la muy sonada noticia de un hallazgo en el mundo acuático K2-18b publicada por investigadores de la Universidad de Cambridge en Reino Unido, han sido prematuros y poco robustos, como pude demostrar el año pasado en el artículo "*Insufficient evidence for DMS and DMDS in the atmosphere of K2-18 b. From a joint analysis of JWST NIRISS, NIRSpec, and MIRI observations*", publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

La cuestión capital es que, en el campo de la investiga-

ción en exoplanetas, estamos alcanzando el momento perfecto para que el estudio de los mundos acuáticos pueda arrojar resultados como nunca antes. Podremos fijar los objetivos más prometedores a los que dirigir nuestras miradas, tendremos las herramientas para realizar las observaciones —James Webb, ESPRESSO, PLATO, Earth 2.0— y obtendremos un banco de datos lo suficientemente amplio como para poder inferir de forma indirecta si los posibles desequilibrios químicos que hallemos en estos mundos pueden responderse desde la hipótesis de la vida.

Estamos alcanzando el momento perfecto para que el estudio de los mundos acuáticos pueda arrojar resultados como nunca antes

Por tanto, del mismo modo que avanza los esfuerzos en las lunas de Júpiter y Saturno, o en el propio Marte, existe una hoja de ruta definida para los mundos acuáticos, lo que, desde una mirada amplia, se traduce en una expansión de las oportunidades en la búsqueda de vida más allá de los confines del sistema solar. Ese es el ámbito en el que las investigaciones de THIRSTEE pretenden ser útiles. ¿Son los subneptunos mundos acuáticos? De ser así, ¿en qué proporción? Y, en ese caso, ¿qué tan común es este tipo concreto de planeta? Si conseguimos despejar de manera solvente estos interrogantes, este proyecto cumpliría con solvencia sus objetivos y, aún más importante, permitiría pasar el testigo al emocionante campo de la astrobiología. Esa es la motivación última de nuestro proyecto de investigación en el IAA: ser un eslabón útil en esta prometedora carrera de relevos abierta en la astrofísica del siglo XXI.



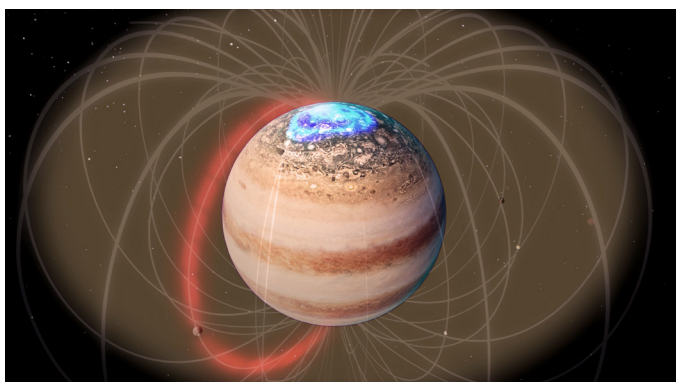
Señales inesperadas, ¿un exoplaneta cuántico? y campos magnéticos de otros mundos

Por Daniel Revilla Martínez de Albéniz (IAA-CSIC)

Cuán evocador puede ser un atardecer en la playa, un crepúsculo en torno a una hoguera, o una oscura noche iluminada con la mera luz de las estrellas. Esta última, junto con un gesto tan mundano e inocente como levantar la mirada hacia arriba, posiblemente haya sido la simiente de algunas de las preguntas más grandes y profundas que nos hemos hecho como individuos y como especie. ¿Qué son aquellos puntos brillantes? ¿Habrá otros mundos más allá del nuestro? ¿Cómo serán sus cielos, sus amaneceres, sus atardeceres y sus noches?

Con el tiempo, hemos ido encontrando respuestas a algunas de estas preguntas y, recientemente, gracias a los resultados de un estudio liderado por el IAA-CSIC, hemos empezado a responder también a esta última.

Sabemos que las noches de algunos exoplanetas ya no son tan oscuras como antes pensábamos, sino que posiblemente pueden estar iluminadas por auroras como las de Júpiter o la Tierra. Esta, entre otras, es una de las conclusiones del estudio que he liderado junto a Pedro J. Amado y Rafael Luque, y que nos ha permitido obtener la detección con mayor evidencia hasta la fecha de un esquivo fenómeno gracias al cual hemos podido estimar el campo magnético de un exoplaneta.



Representación artística de Júpiter junto a sus satélites. En la parte superior del planeta, una aurora, y, rodeándolo, su campo magnético. Crédito: IAA-CSIC/LampScience

En la familiaridad de nuestro vecindario solar, cuatro de las lunas más grandes del mismo contribuyen de una forma inesperada a la producción de auroras en los polos del planeta que orbitan. A medida que las cuatro grandes lunas de Júpiter —Ío, Europa, Ganímedes y Calisto— recorren sus impertérritas órbitas, alteran las líneas del campo magnético del planeta que atraviesan. Esto ge-

nera unas perturbaciones que, al transmitirse hacia el planeta y acabar en su atmósfera, excitan los átomos y elementos de la misma produciendo auroras un tanto particulares. A diferencia de las auroras filamentosas a las que estamos acostumbrados, las que produce la interacción entre Júpiter y sus lunas tienen una forma esférica o circular: una especie de «huella» dejada por los cuerpos que las produjeron. Además, se distinguen de las auroras clásicas porque no se desplazan al ritmo del periodo de rotación del planeta, sino siguiendo la velocidad orbital de las lunas.

DEL SISTEMA SOLAR A LAS ESTRELLAS

Aunque a mayor escala, también se esperaba que este mismo fenómeno pudiera producirse entre un planeta y su estrella. Desde el descubrimiento de los primeros exoplanetas y, en especial, de los llamados júpiteres calientes, parte de la atención de la comunidad científica se ha centrado en buscar evidencias de esta interacción. Planetas tan grandes en órbitas tan pequeñas parecían el escenario perfecto para que, en su danza alrededor de la estrella, interactuaran con su campo magnético y desencadenaran este fenómeno.

Desde el descubrimiento de los primeros exoplanetas, parte de la atención de la comunidad científica se ha centrado en buscar evidencias de interacción entre estrella y planeta

A comienzos de este siglo empezaron a surgir algunas evidencias de posibles interacciones. Sin embargo, el interés por ellas fue apagándose hasta casi perderse en el tiempo, como lágrimas en la lluvia. En los últimos años, el interés por la interacción entre planetas y estrellas ha resurgido con fuerza. A diferencia de los primeros intentos, que se realizaron en el rango óptico, este renovado interés se ha centrado en la búsqueda en longitudes de onda de radio. Aunque esta estrategia ofrece numerosas ventajas, también presenta importantes dificultades que sortear.

En nuestra investigación hemos abogado por volver a los orígenes del estudio del fenómeno y retomar el



Representación artística del exoplaneta GJ 436 b en primer plano y su estrella anfitriona, la enana roja GJ 436, al fondo. Créditos: IAA-CSIC/LampScience

sendero de la luz en el óptico. Ante la gran cantidad de exoplanetas de periodo orbital corto descubiertos en las últimas décadas, y que, por tanto, podrían producir esta interacción, optamos por maximizar las posibilidades de detectar una señal mediante una estrategia sencilla. Para ello, centramos nuestra búsqueda en sistemas formados por una estrella enana roja y un planeta de, al menos, el tamaño de Neptuno, situado en una órbita cercana a la estrella y con un periodo orbital inferior a diez días.

Tras escudriñar las observaciones de archivo de varias decenas de sistemas que cumplían esos requisitos pero que no mostraban nada reseñable, nos topamos con uno en la constelación de Leo que se desmarcaría del resto: el formado por la estrella GJ 436 y el exoplaneta que la orbita, el neptuno templado GJ 436 b.

EL ROMPECABEZAS DE GJ 436 B

Al igual que sucede en Júpiter, este exoplaneta perturba el campo magnético de su estrella, generando ondas que se propagan de vuelta hacia ella. Al liberar la energía que portan, estas perturbaciones estimulan y aumentan la emisión de algunas líneas espectrales en la cromosfera, una de las capas de la atmósfera estelar, produciendo una región en la que la actividad es mayor que en sus inmediaciones, una especie de mancha caliente. Siendo el exoplaneta el responsable de inducir la perturbación, cabría esperar, en un principio, que la señal procedente de esa mancha se desplazase al mismo ritmo que el planeta, apareciendo y desapareciendo del hemisferio visible de la estrella una vez por órbita. En el caso de GJ 436 b, esto ocurriría cada 2,64 días, su periodo orbital.

Sin embargo, la señal detectada difería ligeramente de ese periodo tan marcado, desplazándose hasta los 2,81 días. Aunque cercano, la diferencia entre estos periodos era suficiente como para poner en tela de juicio la atribución de la señal al planeta. La pieza que faltaba, en este caso, resultó ser la rotación de la estrella. Teniendo en cuenta que la estrella rota aproximadamente cada 44 días, basta con calcular el periodo sinódico: el tiempo que tarda el planeta en volver a situarse sobre la misma

longitud de la estrella. Como durante ese intervalo la estrella también gira, este periodo suele ser ligeramente superior al orbital. En el caso de GJ 436 b, el resultado es, de forma natural, un periodo de 2,81 días. Este hallazgo nos estaba indicando que la señal que detectábamos no solo estaba relacionada con el planeta, sino también, posiblemente, con alguna región de la superficie de la estrella. Esa región sería la responsable de introducir el componente asociado a la rotación estelar.

El neptuno templado GJ 436 b perturba el campo magnético de su estrella, generando ondas que se propagan de vuelta hacia ella

Si el hallazgo de esta primera señal tuvo lugar en 2008 a partir de los datos del espectrógrafo HARPS, la sorpresa llegó al revisar los indicadores de actividad estelar de los espectros obtenidos en 2016 con el instrumento CARMENES. Allí encontramos una señal con el mismo periodo, 2,81 días. Los indicios comenzaban a convertirse en evidencia, pero aún faltaba algo que cohesionara y diera estructura al escenario que teníamos delante.

La cohesión empezó a fraguarse cuando reparamos en que el ciclo de actividad de la estrella —es decir, el tiempo que tarda en pasar de un máximo de actividad magnética a un mínimo y volver de nuevo al máximo— era de aproximadamente ocho años. Una cifra muy cercana al intervalo transcurrido entre las dos detecciones de la señal: 2008 y 2016, sin rastro de ella en las observaciones intermedias.

A ello se sumó una oportunidad única: en 2024 se cumplían exactamente ocho años desde las últimas observaciones públicas de la estrella realizadas con CARMENES. No podíamos desaprovecharla, así que solicitamos tiempo de observación con el instrumento, y nos fue concedido. El análisis de estos nuevos datos puso el broche final que, no sin antes arrojar algunas dudas, daría sentido a toda la investigación.

Para nuestra sorpresa, al analizar los datos de esta última campaña observamos que, al igual que en las dos ocasiones anteriores, aparecía una señal muy cercana al periodo orbital del planeta. Sin embargo, esta vez no lo hacía al periodo sinódico de 2,81 días, sino a 2,64 días. Teníamos delante tres periodos distintos —2,81, 2,64 y 2,46 días— que, de algún modo, debían de estar relacionados, aunque en aquel momento no era evidente cómo.

Más raro se tornaba todo cuando comprobamos que, si en lugar de calcular el periodo sinódico suponiendo que el planeta orbitaba en el mismo sentido en que rotaba la estrella, lo hacíamos asumiendo que orbitaba en sentido contrario, ese nuevo periodo de 2,46 días surgía de forma natural. ¿Acaso el planeta orbitaba unas veces en un sentido y otras en el contrario? ¿Podría tratarse del primer planeta cuántico, cuyo estado no estuviera determinado?

¿ESTARÍAMOS ANTE EL PLANETA DE SCHRÖDINGER?

Como ocurre tantas veces, la respuesta estaba delante de nosotros, pero aún no habíamos caído en ella. Todo empezó a encajar al fijarnos en cómo era la órbita del planeta.

Normalmente, los planetas orbitan aproximadamente en el mismo plano que el ecuador de la estrella. GJ 436 b, sin embargo, lo hace en una órbita polar, es decir, inclinada unos 90° con respecto a ese plano. Esta configuración, a medio camino entre una órbita prógrada y una retrógrada, hacía que las dos señales que detectábamos emergieran de forma natural.

Además, al modelar esta geometría comprobamos que, aunque era el planeta quien generaba la señal, no cabía esperar que apareciera a su periodo orbital, sino a alguno de los otros dos periodos mencionados. Al incorporar la cadencia de observación de los instrumentos, que no observan de forma continua sino en días disper-

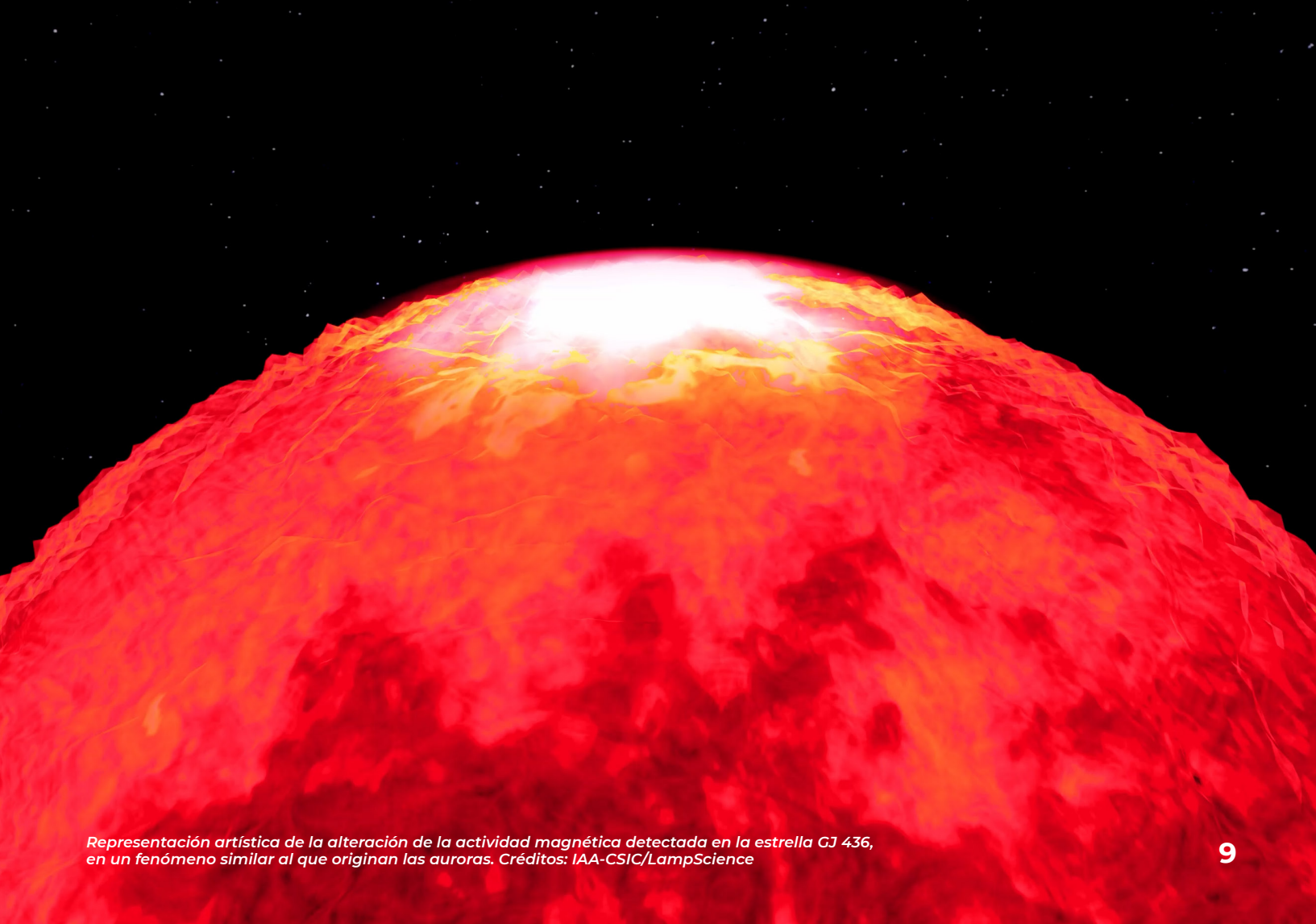
sos, fuimos capaces de reproducir la alternancia entre la aparición de la señal en uno u otro periodo.

El misterio estaba aparentemente resuelto. La cuántica seguía estando restringida al dominio de lo pequeño y los exoplanetas continuaban rigiéndose como Kepler habría esperado.

La mesa estaba servida, pero la guinda del pastel llegó al combinar estas detecciones con modelos teóricos de la interacción entre un planeta y su estrella. Gracias a ello, fuimos capaces de obtener una estimación del campo magnético del exoplaneta, uno de los parámetros más desconocidos y difíciles de determinar. En particular, el neptuno templado GJ 436 b parece tener un campo magnético entre 2 y 27 veces más intenso que el de Júpiter.

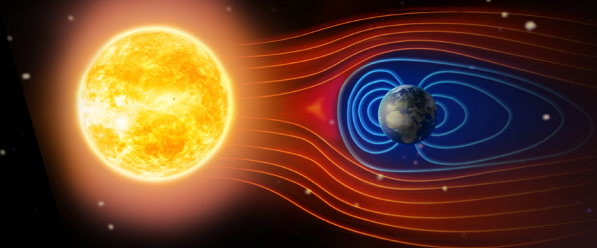
A pesar de estos resultados, y aunque este trabajo abre la puerta a comprender un poco mejor los exoplanetas, su interior y el papel que desempeña en la conservación o pérdida de sus atmósferas, también plantea nuevas preguntas. ¿A qué se debe la presencia de un campo magnético tan intenso en un planeta más pequeño que Júpiter? ¿Está contribuyendo ese campo magnético a la conocida evaporación de la atmósfera de GJ 436 b? ¿Se estarán produciendo auroras en los polos del planeta que seamos capaces de detectar en radio?

Y es que la luz del conocimiento nos ayuda a alumbrar el camino del saber, aunque a veces su resplandor también contribuya a proyectar nuevas sombras.



CONTEXTO

En nuestro sistema solar ocurre un fenómeno que permite estudiar uno de los parámetros menos explorados y más difíciles de medir en los exoplanetas: **sus campos magnéticos**.

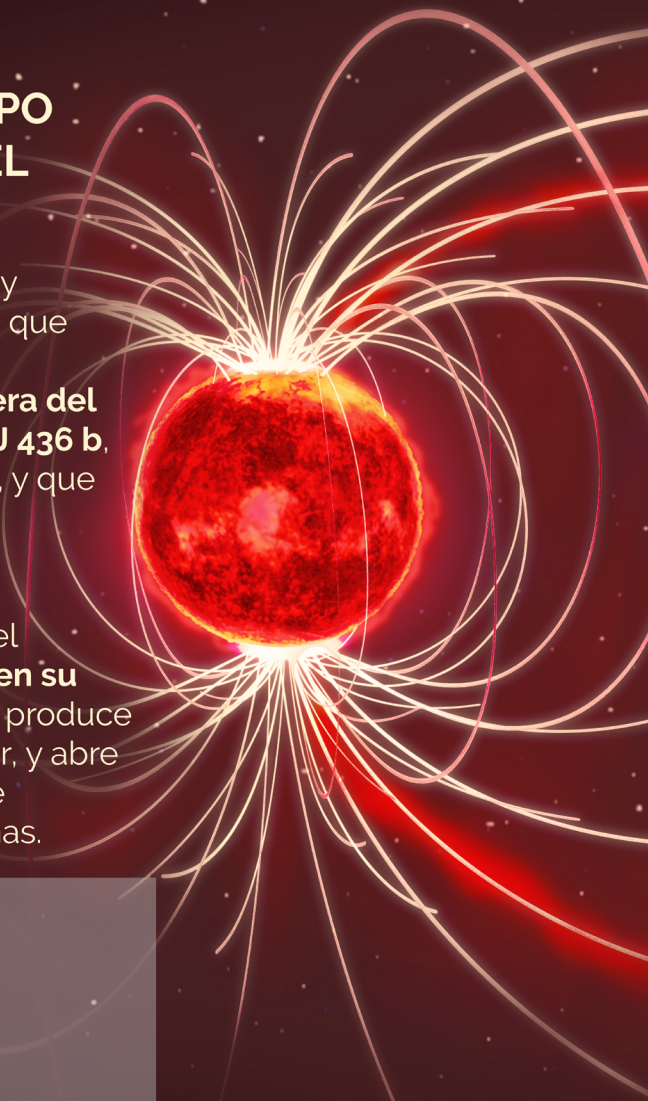


DETECTADO POR PRIMERA VEZ EL CAMPO MAGNÉTICO DE UN PLANETA FUERA DEL SISTEMA SOLAR

Por primera vez se ha detectado de forma significativa y repetida la interacción entre un planeta y su estrella, lo que constituye la evidencia más clara hasta la fecha de la **existencia de un campo magnético en un planeta fuera del Sistema Solar**. El descubrimiento se ha realizado en **GJ 436 b**, un planeta que orbita muy cerca de su estrella, GJ 436, y que ofrece evidencias directas de **interacción magnética planeta-estrella**.

Las observaciones indican que el campo magnético del planeta perturba el de la estrella, **inyectando energía en su cromosfera y aumentando su actividad**. Este proceso produce un fenómeno similar a las auroras, pero a escala estelar, y abre una nueva vía para estudiar los campos magnéticos de exoplanetas y su impacto en la dinámica de sus sistemas.

En **Júpiter**, sus lunas más grandes también interactúan con el campo magnético del planeta. Esta interacción produce energía que es transportada hacia el planeta y genera un incremento en las **auroras de Júpiter**. A diferencia de las auroras normales que muestran filamentosas, éstas se manifiestan como **manchas o globos circulares**.



GJ436 B en un vistazo



Sol
Radio:
695,700 Km



GJ 436
Radio:
292,190 Km



Júpiter
Radio:
69,911 Km



GJ 436 b
Radio:
27,567 Km



Neptuno
Radio:
24,622 Km



1 AU



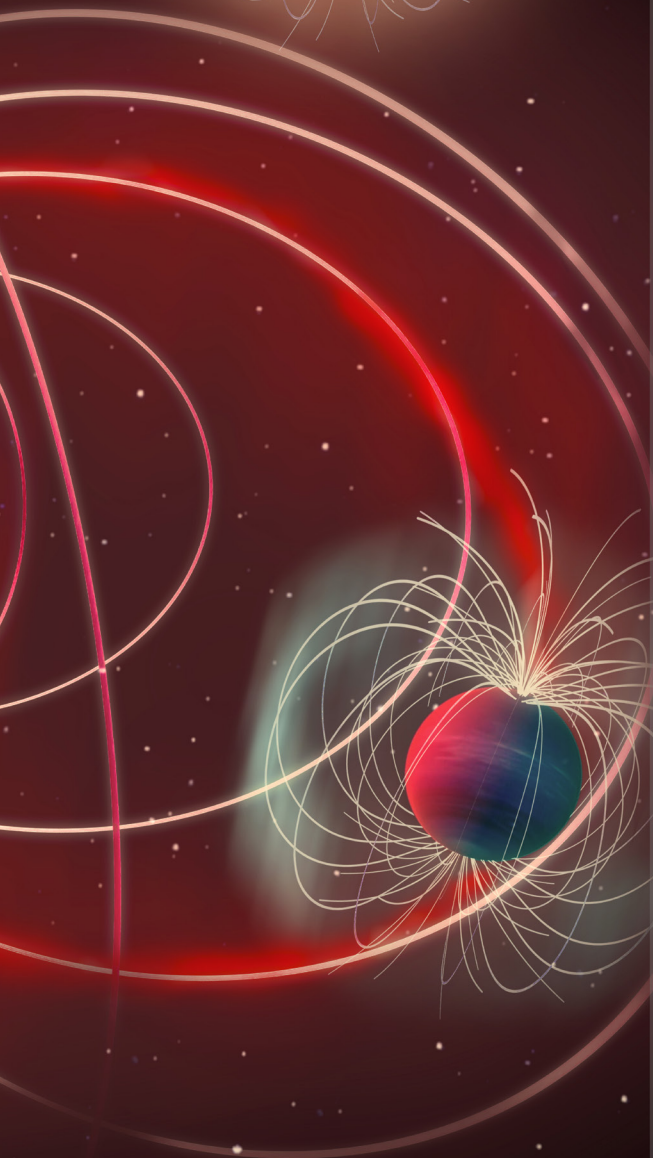
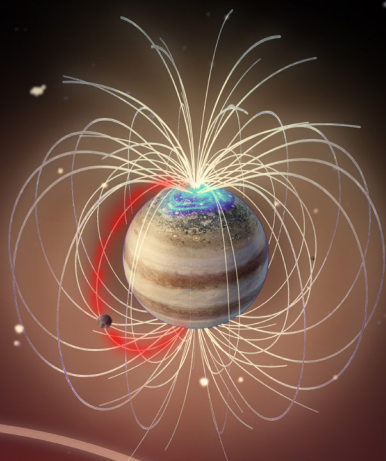
0.039 AU

Se ha descubierto que la **intensidad del campo magnético de un planeta puede manifestarse a lo largo de su ciclo**, lo que demuestra que esto determina cuándo se hacen

Combinando observaciones con el telescopio **CARMENES**, este estudio ha permitido detectar el **campo magnético de un exoplaneta**.



turban e
del
gía, que
era un
A
e se
están



eracción entre una estrella y su
e en un periodo inesperado dentro
ra que la geometría del sistema
visibles estas señales.

históricas con nuevas medidas de
permitido medir, por primera vez, el
oplaneta: GJ 436 b.

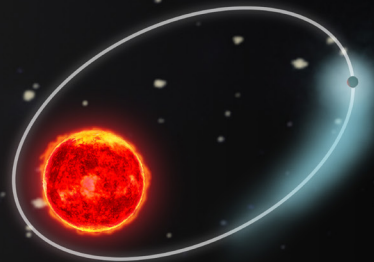
SEÑALES DETECTADAS

Tras 16 años de observaciones de la actividad de GJ 436 tomadas con los espectrógrafos **CARMENES** y **HARPS**, hemos detectado señales atribuibles a la **interacción de un posible campo magnético del planeta GJ436b con el campo magnético de la estrella.**



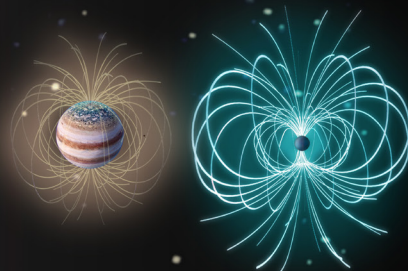
PERIODO ORBITAL Y DE ROTACIÓN

En los datos de **2008** y **2016**, las señales coinciden con la combinación del periodo de rotación estelar y el orbital del planeta, como predicen los modelos. Sin embargo, en **2024** aparece un nuevo periodo. **Proponemos un modelo geométrico** que tiene en cuenta la peculiar inclinación de la órbita, para explicar esta observación anómala.



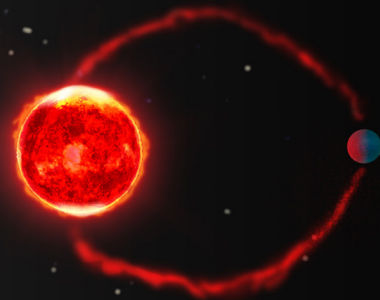
CAMPO MAGNÉTICO PLANETARIO

Gracias a esta detección y comparándola con los modelos teóricos sobre este fenómeno, hemos inferido un parámetro difícilmente medible: **el campo magnético del planeta.** A pesar de su menor tamaño, GJ436b tendría un campo magnético entre 2,33 y 27 veces más intenso que el de Júpiter.



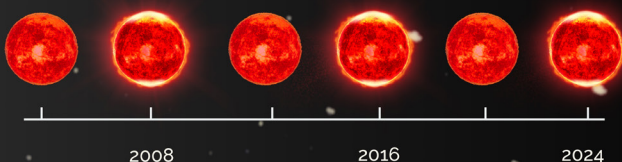
INTERACCIÓN PLANETA-ESTRELLA

Este estudio revela una interacción de los campos magnéticos de planeta-estrella, debido a la **cercanía de ambos cuerpos.** Esta interacción provocada por el movimiento del planeta, estaría aumentando la **actividad de la estrella** en una región localizada que se movería a su mismo ritmo.



CICLO DE ACTIVIDAD

Tras un largo monitoreo de la actividad de la estrella **durante 16 años**, este fenómeno solo se ha detectado en **2008, 2016 y 2024**, épocas separadas por 8 años. Este intervalo coincide con el ciclo de actividad magnética de GJ 436, lo que sugiere que cada ocho años las condiciones de la estrella podrían ser propicias para que la interacción planeta-estrella ocurra o sea observable.



EL MOBY DICK DE...

... GUILLERMO BLÁZQUEZ CALERO (IAA-CSIC)



Guillermo es graduado en Física por la Universidad de Córdoba. Actualmente está finalizando su doctorado en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

Su investigación se ha centrado en el estudio de las potentes eyecciones de materia, conocidas como jets, que se producen durante el nacimiento de las estrellas. Para estudiar estos jets, ha trabajado con observaciones del radiotelescopio interferométrico ALMA y con modelos analíticos de los choques supersónicos que tienen lugar cuando estas eyecciones interactúan con el medio que las rodea.

EL OBJETO ESTELAR SVS 13

Mi pasión por la astrofísica, y por la física en general, comenzó durante el bachillerato. Entonces, estaba debatiéndome entre estudiar Física o una ingeniería. La duda me la quitó un profesor, paradójicamente de Tecnología Industrial, que me prestó 'La historia del tiempo' de Stephen Hawking. Ese libro despertó mi curiosidad y me permitió descubrir conceptos que iban mucho más allá de lo que se enseñaba en el currículo escolar; fue la chispa que me llevó a estudiar Física y, más adelante, especializarme en astrofísica.

Mi tesis doctoral se ha desarrollado en el ámbito de la formación estelar. En concreto, me he enfocado en el estudio de los jets protoestelares: potentes chorros de material eyectados desde el sistema disco/estrella, que tienen una morfología muy colimada y viajan a velocidades de cientos de kilómetros por segundo. Los jets protoestelares son fenómenos fascinantes y científicamente estimulantes: no fue hasta la década de 1980 cuando se demostró que estos jets están estrechamente relacionados con la formación de las estrellas, un descubrimiento que sorprendió a la comunidad científica, ya que nadie había previsto la existencia de estas eyecciones. A pesar de los avances logrados desde entonces, todavía se investiga cómo se originan estos jets, cómo se propagan y qué papel desempeñan en la formación tanto de las estrellas como de los planetas. Por lo tanto, haber tenido la oportunidad de dedicar mi tesis al estudio de estos fenómenos ha supuesto una experiencia muy

enriquecedora desde el punto de vista científico.

Mis directores de tesis, Guillem Anglada y Mayra Osorio, tienen una amplia trayectoria en estudiar un objeto estelar joven en concreto, denominado SVS 13, que se encuentra a 300 pársecs en la región de formación estelar NGC 1333. En los años 2000, Guillem Anglada y colaboradores descubrieron, utilizando observaciones del VLA, que SVS 13 forma parte de un sistema binario en formación, constituido por dos protoestrellas que están separadas 90 unidades astronómicas. De las dos componentes, SVS 13 es la única visible en longitudes de onda ópticas e infrarrojas. SVS 13 es bien conocida por ser la protoestrella que impulsa los objetos "Herbig-Haro" 7-11: eyecciones que viajan a cientos de kilómetros por segundo, con aspecto de nebulosidades, especialmente llamativas en longitudes de onda ópticas. En 1990, SVS 13 sufrió un estallido en longitudes de onda ópticas e infrarrojas. Estas propiedades convierten a SVS 13 en un sistema ideal no solo para estudiar la dinámica de las eyecciones protoestelares, sino también para explorar la relación entre estos estallidos, típicos de estrellas jóvenes en formación, y ciertas características de los jets.

Durante la tesis, SVS 13 se acabó convirtiéndose en mi propio Moby Dick. La embarcación comenzó en una de las primeras reuniones con mis directores, cuando me mostraron las observaciones con las que trabajaría. Eran datos de SVS 13 obtenidos con el telescopio ALMA.

Fotografía del Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). Crédito: ESO/C. Malin

Ana Karla Díaz-Rodríguez, que entonces realizaba su doctorado en el IAA, ya estaba estudiando el disco protoplanetario de SVS 13 a partir de esas mismas observaciones; mi tesis, en cambio, trataría de su jet. Estas observaciones de ALMA destacan por su extraordinaria resolución y sensibilidad, una ventaja indiscutible desde el punto de vista científico, aunque también un reto para quien se enfrenta a ellas por primera vez: el nivel de detalle es tan elevado que revelan una diversidad de estructuras que a veces resultan difíciles de explicar. En particular, estas observaciones de ALMA mostraban una serie de extraños anillos en los canales de velocidad para los cuales no existían precedentes en este tipo de objetos.

UNA TOMOGRAFÍA CÓSMICA DEL AGITADO EMBRIÓN ESTELAR SVS 13

Lo primero que tuvimos en cuenta para interpretar estas observaciones es que ALMA proporciona datos que pueden asemejarse a una tomografía médica, en el sentido de que las imágenes muestran diferentes "secciones" del objeto de estudio a distintas velocidades. A la izquierda de la Figura 1, se muestra esta visión 'tomográfica' obtenida por ALMA, donde vemos que la mayor parte de la emisión tiene forma de anillos. Los colores de los recuadros representan las velocidades a la que viaja el material, comprendida entre 100 km/s (azul) y 35 km/s (rojo). Una inspección detallada de los datos reveló que había secuencias de anillos cuya forma y posición cambian suavemente canal a canal. Cada una de las secuencias traza una cáscara alargada, con una morfología parecida a la de un paraboloide, teniendo su extremo abierto más cerca de la protoestrella y su ápice mas alejado de la estrella. En este ápice, se encuentran unos incrementos locales de brillo, típicos en los jets, que son denominados 'nudos'.

No obstante, nos faltaba una interpretación física, y nuestros colaboradores Alex Raga y Sylvie Cabrit jugaron un papel muy importante dándosela. Fuimos capaces de probar que la morfología, cinemática, y las masas de las cáscaras se explican de forma natural con un modelo analítico de choque de proa, producido por la interacción entre un jet supersónico con velocidad variable y el entorno.

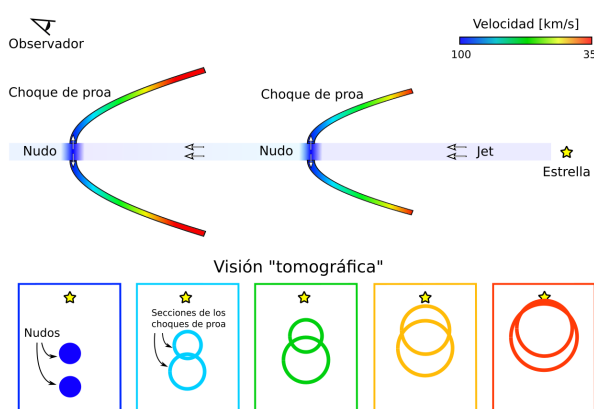


Figura 2. El jet es eyectado por la estrella en formación a velocidades en torno a 100 km/s, en la dirección indicada por las flechas blancas. Si la velocidad de eyección del jet varía, se formarán "nudos" donde la presión del gas aumenta fuertemente, siendo el material del jet expulsado lateralmente (flechas blancas en los nudos) e interaccionando con el entorno. De esta interacción se forman las estructuras arqueadas denominadas "choques de proa", donde la velocidades más altas están cerca del jet (en azul, alrededor de 100 km/s) y las velocidades más bajas están más alejadas (en rojo, alrededor de 35 km/s). ALMA nos proporciona una visión "tomográfica", puesto que las imágenes son secciones, en forma de anillos, de los choques de proa.

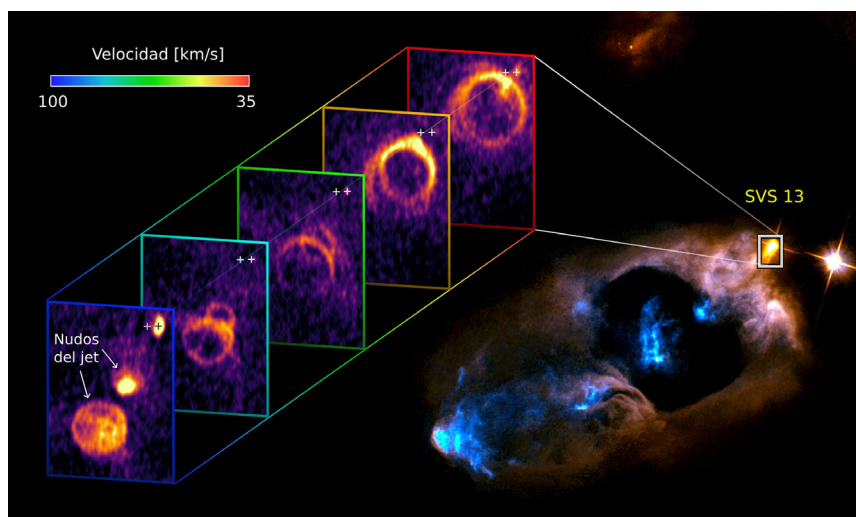


Figura 1. Izquierda: Mapas de canales de la línea CO(J=3-2) obtenida por ALMA, mostrando una visión "tomográfica" del jet de SVS 13. Derecha: Imagen en longitudes de onda ópticas obtenida por el Telescopio Espacial Hubble (HST) en la que se aprecia la cavidad creada por los objetos "Herbig-Haro" 7-11 (emisión azulada). Créditos: Mayra Osorio, Guillem Anglada y Guillermo Blázquez-Calero, la imagen HST fue obtenida a través del Hubble Legacy Archive.

En la Figura 2 se muestra un esquema de cómo ocurre esta interacción. En un jet con variaciones en la velocidad de eyección, el material más rápido alcanza al material más lento eyectado previamente, induciendo la formación de unas estructuras de dos choques denominadas 'superficies internas de trabajo'. Este material comprimido se manifiesta como los 'nudos' del jet. Como consecuencia de las altas presiones en la superficie interna de trabajo, el material del jet es expulsado lateralmente e interacciona con el entorno, formando una estructura arqueada llamada 'choque de proa'. Como símil, este choque de proa podría compararse a la ola que deja atrás la proa de un barco conforme avanza a través del agua. Las partes del choque de proa más cercanas al jet tienen velocidades parecidas a las del propio jet (en torno a 100 km/s, parte azul), mientras que las partes más alejadas, por haber sufrido mayor interacción con el ambiente, viajan a menor velocidad (alrededor de 35 km/s, parte roja). Por lo tanto, las observaciones 'tomográficas' de ALMA nos muestran una secuencia de anillos, que se tratan de diferentes secciones de los choques de proa.

Nuestro modelado nos ha ayudado a comprender las propiedades dinámicas de los jets y cómo inyectan masa y momento al medio ambiente, cambios cruciales para comprender cómo se forman las estrellas. Además, las observaciones de ALMA nos han permitido asociar una fecha de nacimiento a cada nudo, es decir, podemos conocer en qué año se formaron en las partes del jet más cercanas a la protoestrella. Curiosamente, hemos encontrado que la fecha de nacimiento de uno de estos 'nudos' coincide con la época en la que SVS 13 sufrió un estallido, que hizo aumentar su luminosidad en longitudes de onda infrarrojas y ópticas en el año 1990. Esta coincidencia, por lo tanto, sugiere que los estallidos están relacionados con los cambios en velocidad de eyección de los jets, y que los jets conservan un historial de los estallidos que sufren las estrellas durante su formación.

Estos resultados fueron publicados en *Nature Astronomy* y han constituido el núcleo principal de mi tesis doctoral. No obstante, seguimos trabajando en varias cuestiones que aún quedan por esclarecer. Uno de los trabajos futuros más prometedores consiste en monitorizar el brillo de SVS 13. La separación entre los nudos del jet y sus velocidades observadas indican que cada 35 años aproximadamente se forma un nudo y, por lo tanto, si los nudos están asociados a los estallidos, SVS 13 debería experimentar un incremento de brillo en los próximos años. Si esta predicción se confirma, proporcionaría una evidencia adicional que reforzaría significativamente nuestra interpretación.

LEVANTAR LA MIRADA

SEBASTIÁN SÁNCHEZ

ARTE Y CIENCIA

Levantar la mirada propone un espacio donde ciencia y arte convergen desde el asombro. Si la ciencia amplía los límites del conocimiento, el arte amplía los de la experiencia. Ambas nos invitan a mirar más allá del universo en permanente transformación y que, al contemplarlo, también descubrimos nuevas formas de comprender nuestra propia existencia.

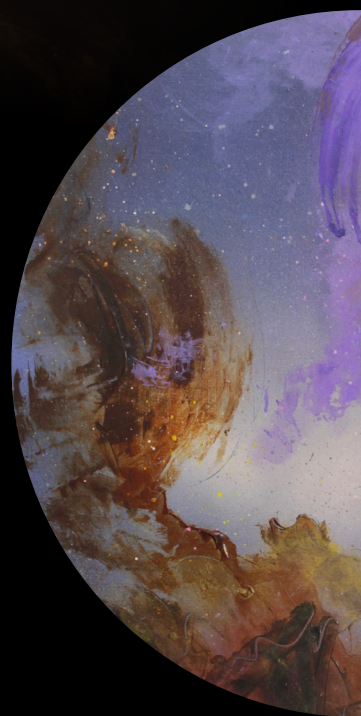
La pintura abstracta no reproduce aquello que vemos, busca hacer perceptibles fuerzas, relaciones y procesos que normalmente permanecen invisibles



PROCESOS Y MATERIA

Las decisiones plásticas de la serie parten de analogías con procesos físicos observables en el universo.

Las dispersiones de pigmento evocan la distribución de materia interestelar; las veladuras profundas, las acumulaciones cromáticas y las zonas de condensación sugieren regiones de formación estelar.



EL GESTO PICTÓRICO

Brochazos, arrastres, barridos y salpicaduras no funcionan únicamente como huellas expresivas, sino como acciones capaces de emular dinámicas presentes en la naturaleza: expansión, turbulencia, agregación, desplazamiento y transformación.



OTRAS MIRADAS

ENTRE LA PINTURA Y LA COSMOLOGÍA

Por Sebastián Sánchez (@ssebastian.art)



LA SERIE

Levantar la mirada encuentra en la cosmología contemporánea una fuente de inspiración para el lenguaje pictórico. No pretende ilustrar fenómenos astronómicos específicos, sino establecer un diálogo entre la investigación científica y la experiencia estética.



EL ARTISTA

Soy Sebastián Sánchez, artista plástico colombiano con más de quince años de trayectoria en la investigación de la pintura abstracta. Me formé en Artes Plásticas en la Universidad Nacional de Colombia, donde también cursé estudios de Física antes de dedicarme plenamente al arte.

Aunque ese camino académico quedó inconcluso, nunca abandoné la fascinación por la ciencia. Esa conexión transforma mi manera de ver el mundo: después de contemplar el cielo, la realidad ya no se observa con los mismos ojos.

A lo largo de mi carrera he participado en exposiciones individuales y colectivas en América y Europa, desarrollando una investigación del cielo como espacio de contemplación y reflexión.

LA ABSTRACCIÓN

La abstracción ofrece un lenguaje especialmente adecuado para este encuentro entre arte y ciencia. Gran parte de la realidad estudiada por la astronomía permanece fuera del alcance de nuestros sentidos y solo puede conocerse mediante instrumentos capaces de registrar distintas longitudes de onda del espectro electromagnético.

Sebastián S.



LA NEBULOSA DEL OJO DE GATO

NGC 6543 es una de las nebulosas planetarias más complejas y espectaculares, también conocida como la Nebulosa del Ojo del Gato por su parecido con el ojo de este felino. La nebulosa es compleja, formada por capas concéntricas, filamentos, chorros y un halo exterior. Cada una de estas estructuras preserva información sobre la historia de la estrella y los procesos físicos que dieron forma a la nebulosa.

LAS NEBULOSAS PLANETARIAS

En sus últimas etapas evolutivas, las estrellas como nuestro sol expulsan sus capas externas al espacio creando una especie de “nube”, mientras el núcleo estelar extremadamente caliente, conocido como enana blanca, queda al descubierto. La “nube” alrededor de esta estrella es iluminada por su intensa radiación en lo que se conoce como nebulosa planetaria.

LA ESTRELLA CENTRAL

Todo surgió de la estrella central, que es ahora una enana blanca extremadamente caliente. Su radiación UV ilumina e ioniza el gas expulsado hace miles de años, haciendo visible la nebulosa en múltiples colores. Además, de la estrella emana un poderoso viento estelar que, al chocar con el material expulsado anteriormente, da origen a las complejas formas que caracterizan a la Nebulosa del Ojo del Gato.

EL HALO EXTERIOR

Mucho más allá de la nebulosa principal se extiende un tenue halo de gas. El material de este halo fue expulsado en fases previas de pérdida de masa, hace casi 100.000 años, mucho antes de que se formaran las estructuras internas que hoy dominan la imagen.

DECONSTRUCCIÓN

Por Martín Guerrero y Janis Rodríguez (IAA-CSIC)

RAYOS X

Además de luz visible, la Nebulosa del Ojo de Gato emite rayos X. Esta emisión procede del gas calentado a temperaturas de millones de grados por el choque entre el viento estelar rápido y el material expulsado en etapas previas.

MIRANDO LA NEBULOSA EN TRES DIMENSIONES

Aunque las imágenes 2D muestran la belleza de la nebulosa, en realidad solo vemos la proyección bidimensional sobre el cielo de un objeto tridimensional.

Para reconstruir su verdadera forma, los astrónomos utilizan espectroscopía de campo integral (IFS, *Integral Field Spectroscopy*), una técnica que obtiene un espectro en cada píxel de la imagen. Cada espectro contiene información sobre la composición del gas y, gracias al efecto Doppler y a la alta dispersión espectral, sobre la velocidad con la que se se desplaza respecto de nosotros.

Al combinar la información espacial y espectral, es posible crear visualizaciones tridimensionales. Estas permiten explorar la nebulosa desde diferentes ángulos, descubrir estructuras ocultas y comprender mejor cómo los vientos estelares han dado forma a este extraordinario objeto.

LOS CHORROS Y EYECCIONES

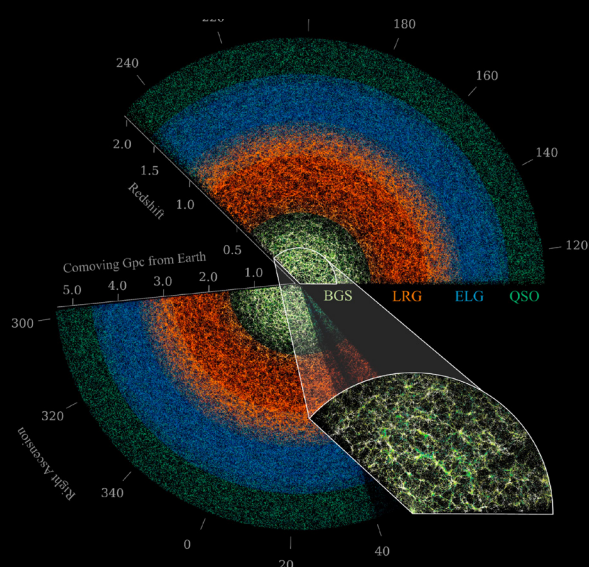
En los extremos de la nebulosa sobresalen estrechos chorros de gas que viajan a gran velocidad. Su origen aún no se conoce con certeza, pero los astrónomos creen que podrían estar relacionados con intensos campos magnéticos o con la presencia de una estrella compañera.

Imagen compuesta, obtenida a partir de datos del Observatorio de Rayos X Chandra y del Telescopio Espacial Hubble de la NASA, de NGC 6543. Crédito: Rayos X: NASA/CXC/SAO; Óptica: NASA/STScI

ACTUALIDAD

Un nuevo “GPS cósmico” revela el mapa invisible más preciso del universo

UN EQUIPO DE COSMÓLOGOS DEL IAA-CSIC Y EL IAC HA OBTENIDO EL CENSO MÁS PRECISO HASTA LA FECHA DE LOS HALOS DE MATERIA OSCURA DEL UNIVERSO



Esta porción del universo generada a partir de los halos de materia oscura en la simulación Uchuu muestra la distribución de galaxias y cúasares hasta miles de millones de años luz de distancia. En la imagen aparecen distintos tipos de objetos cósmicos que se observan con DESI —galaxias brillantes, galaxias rojas masivas, galaxias con formación estelar y cúasares— representados con diferentes colores. Un recuadro amplía la región más cercana, donde puede apreciarse la red cósmica: el entramado de estructuras a gran escala formado por las galaxias. Aunque espectacular, esta imagen corresponde a menos del 0,1 % del volumen total del mapa cosmológico, correspondiente a tres años de observaciones, recientemente publicado por DESI. Créditos: E. Fernández-García et al. (2025). 'DESI DR2 reference mocks: clustering results from Uchuu-BGS and LRG'

En el universo existen enormes estructuras invisibles que rodean las galaxias y los cúmulos de galaxias. Son los halos de materia oscura, concentraciones de materia que no emite luz ni puede observarse directamente, pero cuya gravedad mantiene unidas a las galaxias y guía su formación. Estos halos actúan como el “andamiaje” del universo: en su interior se forman y evolucionan las galaxias.

Un nuevo estudio liderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) ha logrado el censo más preciso hasta la fecha de estas estructuras a lo largo de los 13.800 millones de años de historia. Este registro, que los cosmólogos denominan “función de masa de los halos”, no es una lista individual de objetos, sino una descripción matemática que indica cuántos halos de materia oscura existen en cada rango de masa en una época deter-

minada del universo.

“Esto es importante porque no todos los halos son iguales: algunos albergan galaxias muy pequeñas; otros contienen galaxias como la Vía Láctea; y los más masivos pueden reunir enormes cúmulos con cientos o miles de galaxias”, explica Elena Fernández García, investigadora del IAA-CSIC y primera autora del artículo, publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics Letters*.

Este nuevo resultado se basa en el desarrollo de un modelo teórico denominado GPS+, que permite predecir con gran precisión la abundancia de halos de materia oscura en distintas etapas de la historia del universo.

HACIA UNA DESCRIPCIÓN MÁS PRECISA

El trabajo supone un avance significativo porque corrige limitaciones de aproximaciones anteriores, que podían desviarse hasta en un 80 % al describir el universo primitivo. El nuevo modelo reduce esas discrepancias, especialmente en los extremos de masa —donde las incertidumbres eran mayores—, hasta situarlas en torno al 10–20 %, manteniendo una alta precisión a lo largo de casi toda la historia cósmica.

“La clave está en una idea sencilla”, señala Juan Betancort Rijo, investigador del IAC. “La materia del universo no se agrupa formando esferas perfectas, sino estructuras irregulares y complejas. Al incorporar esta realidad y otros detalles del proceso de colapso gravitatorio, el modelo GPS+ describe con

mayor fidelidad cómo se forman los halos de materia oscura y, en consecuencia, cómo nacen y evolucionan las galaxias”.

Para comprobar la solidez del modelo, el equipo lo contrastó con Uchuu —“universo” en japonés—, el conjunto de simulaciones cosmológicas más completas y precisas realizadas hasta la fecha.

“Todos los catálogos de halos de materia oscura generados a partir de las simulaciones Uchuu están disponibles en nuestra base de datos Skies & Universes, desarrollada en el IAA-CSIC”, señala José Ruedas, responsable de esta infraestructura de Big Data y coautor del trabajo.

Estas simulaciones no solo han servido para poner a prueba el modelo, sino también para mejorar las herramientas con las que interpretar las observaciones astronómicas actuales. Las nuevas predicciones permitirán analizar con mayor precisión los datos obtenidos por telescopios como el James Webb Space Telescope, que observa galaxias muy lejanas, formadas durante las primeras etapas del universo, así como los resultados de grandes cartografiados del cielo, como DESI (*Dark Energy Spectroscopic Instrument*), cuyo objetivo es reconstruir la distribución de materia a gran escala del universo y conocer la naturaleza de la energía oscura, un proyecto internacional en el que el IAA-CSIC ha desempeñado un papel clave en su desarrollo tecnológico y actualmente en su explotación científica.

“Disponer de un censo más exacto de los halos de materia oscura es clave para conectar esas observaciones con los modelos teóricos y comprobar si nuestra descripción del universo —incluida la naturaleza de la materia y la energía oscura— se ajusta a los datos”, sostiene Elena Fernández (IAA-CSIC).

El modelo GPS+ ya está disponible para la comunidad científica internacional, lo que facilitará su incorporación a futuros análisis y simulaciones.



Un estudio revela dos modos de emisión en radio en cuásares con acreción extrema

EL TRABAJO, COLIDERADO POR EL IAA-CSIC, DEMUESTRA QUE LA ACRECIÓN EXTREMA NO IMPIDE LA FORMACIÓN DE JETS Y DESVELA QUE LA EMISIÓN EN RADIO TAMBIÉN PUEDE ORIGINARSE EN LA FORMACIÓN DE ESTRELLAS

Cuando un agujero negro se alimenta de materia, puede llegar a convertirse en uno de los objetos más brillantes del universo. En algunos casos extremos, ese crecimiento es tan intenso que desafía los límites teóricos que deberían frenar la caída de material hacia él.

Estos sistemas, conocidos como cuásares superacretores, son agujeros negros en el centro de galaxias que crecen a gran velocidad y emiten cantidades colosales de energía. Un trabajo coliderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) aborda una cuestión clave: la relación entre la acreción extrema de materia sobre un agujero negro y la producción de emisión en radio, tradicionalmente asociada a chorros relativistas o jets.

El estudio, publicado en *Astronomy & Astrophysics*, revela un resultado doble: por un lado, muestra que los cuásares superacretores sí pueden generar chorros relativistas potentes y bien desarrollados, lo que cuestiona la idea, sostenida durante décadas, de que este crecimiento extremo impedía su formación. Por otro, también revela que muchos de estos objetos no están dominados por dichos chorros: “en esos casos, su emisión en radio se explica, en gran medida, por la intensa formación de estrellas en la galaxia que los alberga”, apunta Marie-Lou Gendron-Marsolais, investigadora de la Université Laval (Canadá), que inició este estudio durante su etapa en el IAA-CSIC.

EL LÍMITE DEL EQUILIBRIO

Cuando la materia cae hacia un agujero negro, se calienta intensamente y emite una enorme cantidad de energía. No obstante, esa misma radiación empuja hacia fuera el gas que intenta seguir cayendo. El llamado límite de Eddington marca ese equilibrio: el punto en el que la luz debería ser lo suficientemente intensa como para frenar la entrada de más materia.

Durante décadas se pensó que este límite actuaba como una barrera difícil de superar. Sin embargo, hoy sabemos que algunos agujeros negros pueden sobrepasarlo en ciertas fases de su evolución.

Cuando esto ocurre en el centro de una galaxia, da lugar a un cuásar —uno de los objetos más brillantes del universo—. En los casos más extremos, conocidos como cuásares superacretores, el sistema supera ese límite y el agujero negro crece con gran eficiencia y rapidez al alimentarse de grandes cantidades de materia.

“Comprender cómo funcionan estos fenómenos nos permite entender mejor cómo se formaron los agujeros negros supermasivos poco después del Big Bang y cómo influyen en la evolución de sus galaxias anfitrionas”, explica Paola Marziani, investigadora del IAA-CSIC y del INAF (Italia) y segunda autora del trabajo.

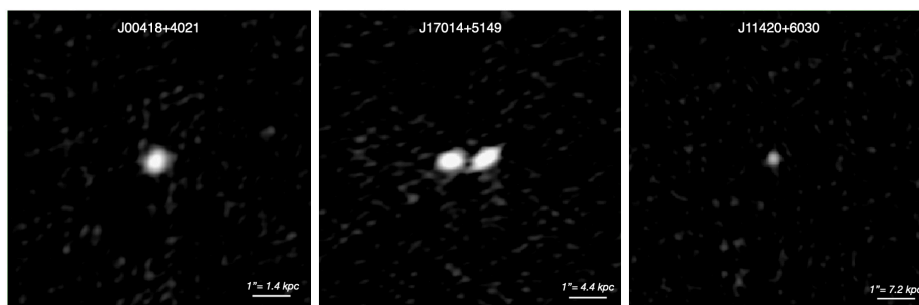
El trabajo demuestra que los cuásares con acreción extrema pueden presentar dos modos distintos de emisión en radio, que no son excluyentes. Por un lado, algunos acretores super-Eddington son capaces de producir chorros relativistas bien desarrollados, lo que confirma que la superacreción no impide necesariamente la formación de jets. “Esto es relevante porque durante mucho tiempo se pensó que los cuásares que crecen cerca o por encima del límite de Eddington no eran capaces de producir chorros potentes y estables”, señala Marie-Lou Gendron-Marsolais.

Por otro lado, el estudio muestra que, en muchos casos, la emisión en radio está dominada por procesos ligados a la intensa formación estelar en la galaxia anfitriona. En estos sistemas, la energía detectada en radio no procede directamente del entorno del agujero negro, sino del nacimiento de nuevas estrellas.

“Esto sugiere que el crecimiento acelerado del agujero negro puede ir de la mano de auténticas “cunas” de nacimiento estelar, y que ambos procesos pueden coexistir e incluso estar relacionados”, detalla Paola Marziani. En este sentido, el trabajo pone de relieve que la galaxia anfitriona no es un mero escenario, sino un elemento clave en la interpretación de estos sistemas.

Este estudio, coliderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), es fruto de una colaboración internacional y de la coordinación interna de distintos grupos de investigación del centro, lo que ha permitido abordar la cuestión planteada desde un enfoque multifrecuencia. Esta combinación de colaboraciones, junto con la multidisciplinariedad del IAA, ha hecho posible integrar conocimientos en radio, óptico e infrarrojo, con la participación de expertos en distintas áreas de la astrofísica. “Desde el IAA hemos participado en todas las fases del estudio, desde la identificación de cuásares candidatos a ser altos acretores para su observación con el VLA hasta el análisis previo de datos espectroscópicos en el ultravioleta y el óptico, fundamentales para su selección”, explica Ascensión del Olmo, investigadora del IAA-CSIC y coautora del trabajo.

“Los hallazgos ofrecen una imagen más rica y compleja de cómo evolucionan las galaxias y de cómo uno de los fenómenos más energéticos del universo influye en ellas, algo clave para estudiar con mayor precisión el universo temprano”, concluye Gendron-Marsolais.



Las tres imágenes corresponden a las nuevas observaciones del VLA presentadas en el artículo, todas ellas en la banda X (10 GHz), y muestran tres fuentes que abarcan todos los casos: J00418+4021, donde la emisión de radio probablemente provenga de la formación estelar; J17014+5149, donde son visibles los dos chorros que salen del SMBH (el único caso que hemos resuelto); y J11420+6030, donde la emisión de radio probablemente se deba a una combinación de formación estelar y chorros relativistas. Crédito: M. Gendron-Marsolais et al. A&A 707 A388 (2026)

Descubiertas especies inesperadas de mercurio en la atmósfera



EL TRABAJO SUPONE UN AVANCE PARA COMPRENDER MEJOR LA OXIDACIÓN DEL MERCURIO EN LA ATMÓSFERA Y EL TRANSPORTE DE ESTE CONTAMINANTE HACIA REGIONES ALEJADAS DE LAS FUENTES DE EMISIÓN HUMANAS

El mercurio es un contaminante de alta prioridad debido a su elevada toxicidad y a su capacidad para bioacumularse en los ecosistemas. A lo largo de la historia, tanto el uso directo de mercurio por parte de la humanidad como las emisiones indirectas asociadas a actividades industriales —como la refinación de metales o la combustión de combustibles fósiles— han incrementado notablemente las concentraciones de este elemento en el medioambiente. Como resultado, el mercurio se ha convertido en un problema de contaminación global que requiere cooperación internacional para su control.

Una de las claves para entender cómo se dispersa este contaminante es conocer qué ocurre con el mercurio cuando se encuentra en la atmósfera. Allí puede reaccionar con otros compuestos y transformarse en distintas moléculas, conocidas como especies de mercurio oxidado. Este proceso determina cuánto tiempo permanece en el aire y hasta dónde puede transportarse. Sin embargo, la identidad de muchas de estas especies ha supuesto siempre una importante laguna de conocimiento.

Un estudio, liderado por el Instituto de Química Física Blas Cabrera (IQF-CSIC), el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), el Instituto de Chipre y la Universidad de Helsinki, ha logrado identificar por primera vez algunas de las especies de mercurio presentes en la atmósfera. Los resultados, publicados en la revista *Nature Communications*, aportan nueva información que obligará a revisar los modelos que describen el comportamiento del mercurio en la atmósfera y a mejorar las predicciones sobre cómo se distribuye este contami-

nante en el medioambiente.

CUANDO EL MERCURIO ENTRA EN CONTACTO CON LA ATMÓSFERA

Cuando el mercurio se libera al aire puede permanecer durante mucho tiempo en la atmósfera y viajar grandes distancias. En su forma más estable, el mercurio es relativamente poco reactivo y puede desplazarse por el planeta antes de depositarse en la superficie.

Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el mercurio también puede reaccionar con otros compuestos y oxidarse, es decir, transformarse en otras moléculas químicas. Estas nuevas especies de mercurio son más solubles y reactivas, por lo que tienden a depositarse antes en suelos, océanos o ecosistemas acuáticos. Por tanto, conocer en qué especies se convierte el mercurio es clave para comprender cuánto tiempo permanece en el aire y dónde acaba acumulándose.

Un obstáculo importante para entender mejor las reacciones del mercurio en la atmósfera ha sido la falta de métodos capaces de medir y diferenciar los compuestos específicos de mercurio oxidado. Aunque era posible medir la cantidad total de este tipo de mercurio, hasta ahora no se había podido identificar exactamente en qué moléculas se encontraba.

“Poder identificar estas moléculas nos permite empezar a reconstruir con más precisión las reacciones químicas que controlan el comportamiento del mercurio en la atmósfera”, destaca Juan Carlos Gómez Martín, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y coautor del estudio.

ESPECIES DE MERCURIO OXIDADO

Por primera vez, se han detectado distintas especies de mercurio oxidado en la atmósfera durante campañas de medida gracias a un método conocido como espectrometría de masas de tiempo de vuelo con ionización química e interfaz a presión atmosférica (CI-API-TOF).

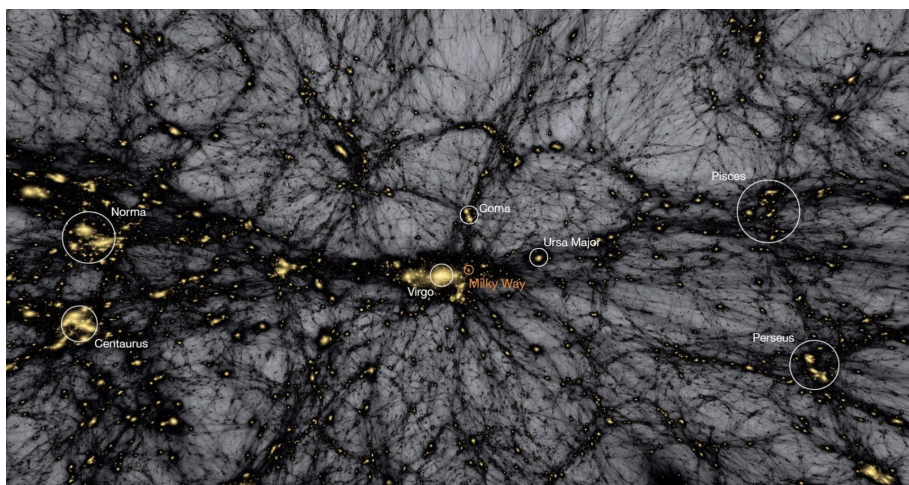
El estudio se basó en datos recogidos durante dos campañas de medida en regiones polares: una realizada en el océano Ártico durante la expedición MOSAiC y otra en la estación finlandesa Aboa, en la Antártida. Las mediciones permitieron detectar siete compuestos halogenados de mercurio —especies que contienen halógenos como cloro, bromo o yodo—. En el Ártico, el compuesto predominante fue el bromuro de mercurio (HgBr_2), mientras que en la Antártida se observó una mayor diversidad de especies, aunque generalmente dominaron el HgBr_2 y el cloruro de mercurio (HgCl_2).

“Nos llamó poderosamente la atención que HgBr_2 predominara en las mediciones, ya que en los modelos actuales de la química del mercurio se consideraba una especie minoritaria tanto a escala global como en las zonas polares”, señala Aryeh Feinberg, coautor del estudio e investigador posdoctoral Marie Curie en el Instituto de Química Física Blas Cabrera (IQF-CSIC).

Esta discrepancia con los modelos disponibles apunta a que aún no se comprende por completo la química del mercurio en la atmósfera. En este contexto, los resultados del trabajo aportan información clave para mejorar los modelos atmosféricos que describen su transporte y sus reacciones químicas.

Las galaxias en vacíos cósmicos conservan mejor el gas y forman estrellas durante más tiempo

EL ESTUDIO, LIDERADO POR EL IAA-CSIC, ANALIZA, CON UN GRADO DE DETALLE SIN PRECEDENTES, CÓMO INFLUYE EL ENTORNO CÓSMICO EN LA EVOLUCIÓN DE MÁS DE DOSCIENTAS GALAXIAS



Esta simulación por supercomputadora, que observa nuestro vecindario cósmico desde el exterior, es una reconstrucción realista y basada en datos de la red de materia oscura que ha guiado a las galaxias hasta sus posiciones actuales. Allí donde se cruzan enormes filamentos oscuros, se agrupan galaxias brillantes. Crédito: Simulación y reconstrucción – Steffen Hess y Francisco-Shu Kitaura (Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam) / Visualización – Tom Abel y Ralf Kaehler (Stanford Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology)

El Universo no está distribuido de manera uniforme, sino organizado en una gran estructura conocida como red cósmica, formada por cúmulos de galaxias conectados mediante filamentos y paredes, entre los que se extienden enormes regiones casi desérticas conocidas como vacíos cósmicos. Hasta la fecha, la mayoría de estudios sobre las galaxias que habitan estos entornos aislados las analizaban considerando toda su luz como si procediera de un único punto.

Ahora, un estudio liderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics* ha utilizado datos de espectroscopía de campo integral para analizar, por primera vez con este nivel de detalle, cómo influye el entorno cósmico en la evolución de más de doscientas galaxias.

“Nuestros resultados indican que las galaxias situadas en vacíos cósmicos conservan mejor su gas y mantienen una formación estelar más activa, especialmente en sus regiones externas y en galaxias en transición entre espirales y elípticas”, afirma Ana Conrado, investigadora del IAA-CSIC que lidera el trabajo.

BAJO LA INFLUENCIA DEL ENTORNO GALÁCTICO

Los vacíos cósmicos son regiones muy extensas de la red cósmica con una densidad de materia extremadamente baja. Sin embargo, esto no significa que estén completamente vacíos, sino que contienen menos galaxias que otras regiones del Universo. Precisamente por sus condiciones extremas, estos entornos constituyen un laboratorio único para estudiar cómo influye el entorno en la evolución galáctica.

Hasta ahora, la mayoría de investigaciones sobre galaxias en vacíos cósmicos se habían centrado en sus propiedades integradas. “Sería como estudiar una ciudad observando únicamente su brillo desde el espacio: no podríamos distinguir barrios, calles o zonas con características diferentes”, explica el investigador del IAA y segundo autor del estudio, Rubén García Benito. Sin embargo, las galaxias son sistemas complejos y heterogéneos. “Para comprender cómo evolucionan es necesario estudiar cómo cambian estas propiedades dentro de cada galaxia”, añade.

Para ello, el equipo científico utilizó

datos de espectroscopía de campo integral del proyecto CAVITY, una iniciativa pionera liderada por la Universidad de Granada (UGR), cuyo objetivo es comprender cómo la estructura a gran escala del Universo influye en la formación y evolución de las galaxias. CAVITY tiene su base en el Observatorio de Calar Alto (CAHA), gestionado científicamente por el IAA-CSIC, que también participa activamente en el proyecto.

Gracias a estos datos, el equipo pudo analizar en detalle el gas ionizado de más de doscientas galaxias situadas en vacíos cósmicos y compararlo con el de galaxias localizadas en otros entornos de la red cósmica. “Los resultados muestran que las galaxias de los vacíos presentan una formación estelar más intensa y una menor extinción, relacionada con una menor cantidad de polvo”, apunta Rosa M. González, investigadora del IAA-CSIC que forma parte del trabajo. El efecto resulta especialmente evidente en galaxias que se encuentran en transición entre espirales y elípticas, lo que sugiere que este proceso evolutivo ocurre de forma más lenta en los vacíos cósmicos. Además, se ha podido observar que las partes más influenciadas son las regiones externas, es decir, los discos de las galaxias espirales.

Además, a partir de mediciones indirectas, el estudio apunta a que las galaxias situadas en vacíos contienen una mayor cantidad de gas, posiblemente porque lo conservan mejor o porque reciben un aporte más continuo del entorno que las rodea. “Esto podría deberse a que las galaxias en vacíos evolucionan de forma más lenta y menos perturbada, lo que les permitiría conservar su gas y mantener la formación estelar durante más tiempo”, señala Ana Conrado (IAA-CSIC).

La investigadora destaca además que “los resultados coinciden con nuestro trabajo previo sobre las propiedades de las estrellas en galaxias en vacíos”, reforzando la idea de que el entorno cósmico desempeña un papel clave en la evolución galáctica.

El estudio más completo hasta la fecha del megaestallido del cometa 17P/Holmes

EL TRABAJO, LIDERADO POR EL IAA-CSIC, OFRECE UNA NUEVA RECONSTRUCCIÓN FÍSICA DEL MEGAESTALLIDO DEL COMETA QUE SORPRENDIÓ AL MUNDO EN 2007

En octubre de 2007 ocurrió uno de los eventos cometarios más espectaculares jamás observados: el megaestallido del cometa 17P/Holmes. Un aumento repentino de casi medio millón de veces en su brillo lo hizo visible a simple vista, y su coma en expansión —la nube de gas y polvo que rodea el núcleo del cometa— llegó temporalmente a alcanzar un tamaño aparente mayor que el del Sol.

Casi dos décadas después, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) lidera un estudio, publicado en la revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, que ofrece una nueva reconstrucción física de aquel evento. El trabajo permite estimar cuánta materia fue expulsada, cuántas partículas se liberaron y cuál era el tamaño de las mismas. "Este es además el primer estudio que ofrece un resumen histórico completo de todos los estallidos documentados de 17P/Holmes, abarcando más de 130 años desde el descubrimiento del cometa en 1892", señala Maria Gritsevich, investigadora del IAA-CSIC que lidera el trabajo.

UN AUMENTO DE BRILLO INESPERADO

Los estallidos cometarios, también conocidos como cometary outbursts, son aumentos repentinos e impredecibles del brillo y la actividad de un cometa, durante los cuales se expulsan grandes cantidades de polvo y gas al espacio. Aunque son fenómenos recurrentes y ampliamente estudiados, los procesos físicos que los desencadenan siguen sin comprenderse por completo.

En el caso del megaestallido de 2007, las numerosas investigaciones observacionales y teóricas realizadas hasta ahora no habían logrado explicar algunas propiedades fundamentales del material expulsado por 17P/Holmes. Las ob-



Imagen terrestre del cometa 17P/Holmes tomada el 1 de noviembre de 2007 por el astrofotógrafo Alan Dyer. Créditos: NASA, ESA y A. Dyer.

servaciones muestran que la nube de polvo y gas no se expandió de forma simple y uniforme, sino de una manera mucho más compleja, con partículas moviéndose a distintas velocidades y en diferentes direcciones.

Con este objetivo, el equipo investigador, liderado por el grupo ARAE del IAA-CSIC, analizó observaciones históricas del cometa realizadas entre 1892 y 2021, con especial atención al espectacular evento de 2007, para reconstruir cómo se comporta el material expulsado durante estos episodios. A partir de los cambios de brillo registrados en distintos estallidos, el equipo estimó la cantidad de polvo liberado, el tamaño de las partículas y la forma en que se expandieron en el espacio.

"Nuestros resultados apuntan a que los grandes estallidos cometarios pueden explicarse por la expulsión de enormes cantidades de polvo extremadamente fino y poroso", explica Gritsevich. "Este material dispersa la luz solar con gran eficacia, haciendo que el cometa aumente repentinamente y drásticamente su brillo, hasta el punto de hacerse visible a simple vista".

El estudio muestra así que episodios tan extremos como el de 2007 pueden surgir de forma natural por la liberación

de enormes cantidades de partículas muy pequeñas, y no necesariamente porque el cometa expulse una masa excepcionalmente grande de material. "Los resultados también proporcionan información esencial para futuras simulaciones de rastros de polvo cometario y son relevantes para la planificación de futuras misiones a cometas", añade Alberto J. Castro-Tirado, profesor de investigación del IAA-CSIC y coautor del estudio.

En algunos casos, el material expulsado durante grandes estallidos cometarios puede acabar cruzándose con la órbita de la Tierra y dar lugar a lluvias de meteoros. Aunque actualmente 17P/Holmes no está asociado a ninguna lluvia de estrellas visible desde nuestro planeta, su estudio ayuda a comprender cómo los cometas alimentan las corrientes de meteoroides y aportan partículas de polvo recién expulsadas al espacio interplanetario tras episodios de actividad extrema.

"De forma más amplia, este trabajo podría ayudarnos en el futuro a identificar y analizar material liberado por cometas que solo atravesaron transitoriamente el Sistema Solar o incluso por cometas que ya no existen porque se han desintegrado por completo", concluye Gritsevich.

Revelada la primera población galáctica de protoestrellas emisoras de rayos gamma

LOS RESULTADOS MUESTRAN QUE LOS CHORROS EMITIDOS POR ESTAS PROTOESTRELLAS ACTÚAN COMO ACELERADORES EFICIENTES DE PROTONES, CONVIRTIÉNDOLAS EN UN NUEVO LABORATORIO PARA ESTUDIAR LOS RAYOS CÓSMICOS

Cuando parte de una nube molecular de gas y polvo colapsa bajo su propia gravedad, se origina una protoestrella —una estrella todavía en construcción—. Durante esta etapa, la materia que cae hacia ella interactúa con intensos campos magnéticos que expulsan parte de ese material al espacio en forma de chorros capaces de recorrer cientos de kilómetros por segundo.

Un estudio liderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), publicado en *Nature Astronomy*, ha revelado la existencia de una nueva población de estrellas en formación cuyos chorros de materia son capaces de acelerar protones de manera eficiente y producir rayos gamma, la forma más energética de luz que existe en el universo.

“Aparte de confirmar la importancia y el impacto que estos chorros de materia tienen en su entorno, hemos sido capaces de relacionar la energía de los rayos gamma detectados con la potencia de su fuente emisora”, explica Javier Méndez Gallego, líder del estudio e investigador del IAA-CSIC con un contrato predoctoral FPI-Severo Ochoa.

LAS HUELLAS DE UN ACELERADOR CÓSMICO EN FORMACIÓN

Para obtener estos resultados, el equipo investigador, integrado en su amplia mayoría por miembros del IAA-CSIC, comparó el catálogo más completo de fuentes de rayos gamma obtenido por el telescopio espacial Fermi con las posiciones de objetos estelares jóvenes procedentes del sondeo RMS (Red MSX Source Survey). El análisis reveló 33 asociaciones probables entre ambos tipos de objetos, lo que permitió identificar por primera vez una población de protoestrellas emisoras de rayos gamma, bautizada por los autores como protoestrellas lumi-

nosas en rayos gamma (*Gamma-Loud Protostars*).

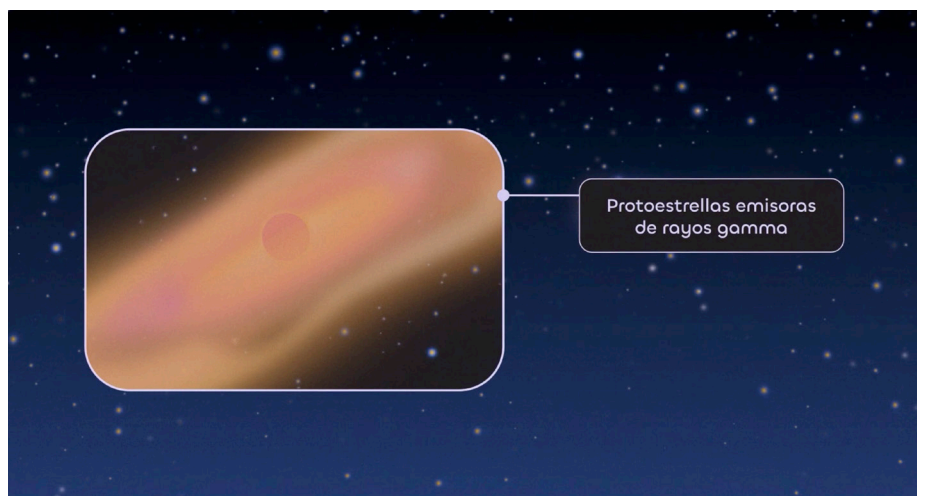
Los rayos gamma constituyen la forma más energética de radiación electromagnética y suelen asociarse a algunos de los fenómenos más extremos del universo, como las explosiones de supernova o los agujeros negros activos. Su detección resulta especialmente relevante porque actúan como una huella de los procesos que aceleran los rayos cósmicos, permitiendo rastrear fenómenos que de otro modo serían difíciles de observar.

«Los rayos gamma constituyen una ventana observacional al universo no térmico, donde fuentes astronómicas extremas, como agujeros negros y púlsares, actúan como aceleradores naturales de partículas. Estas partículas viajan por el espacio a velocidades cercanas a la de la luz e interactúan con su entorno, produciendo importantes cambios energéticos y químicos», señala Emma de Oña Wilhelmi, investigadora en DESY y coautora del estudio. El origen de estas partículas, compuestas principalmente por protones, sigue siendo una de las grandes incógnitas de la astrofísica.

Los resultados obtenidos muestran además una relación entre la energía de los rayos gamma detectados y la potencia de los chorros emitidos por las protoestrellas. “Esta conexión nos ha permitido vincular directamente la emisión gamma con la actividad de los chorros y confirmar que estos objetos actúan como aceleradores eficientes de protones”, señala Rubén López-Coto, investigador del IAA-CSIC y segundo autor del trabajo.

El estudio propone que esta aceleración se produce cuando los chorros expulsados por las protoestrellas chocan contra el gas que los rodea. Estos impactos actúan como auténticos aceleradores naturales, impulsando protones hasta velocidades cercanas a la de la luz y dando lugar a la emisión de rayos gamma observada.

“Nuestros resultados muestran que estas protoestrellas constituyen un nuevo laboratorio natural para estudiar cómo se aceleran los rayos cósmicos, de forma que futuras observaciones permitirán comprender mejor la física que se esconde detrás de esta emisión”, concluye Javier Méndez Gallego.



Representación artística de una protoestrella emisora en rayos gamma (*Gamma-Loud Protostar*). Créditos: IAA-CSIC/Scienseed

Andrómeda XXXVI, una de las galaxias enanas más débiles identificadas en torno a Andrómeda

EL IAA-CSIC HA LIDERADO EL HALLAZGO DE AND XXXVI, UNA NUEVA GALAXIA ENANA ULTRADÉBIL EN LAS PROXIMIDADES DE ANDRÓMEDA (M31), LA GRAN GALAXIA VECINA DE LA VÍA LÁCTEA

Las galaxias enanas ultradébiles son los sistemas galácticos más pequeños y tenues conocidos. Formadas en las primeras etapas de la historia del Universo y dominadas por materia oscura, constituyen auténticos fósiles cósmicos que permiten estudiar cómo se formaron las primeras galaxias y poner a prueba los modelos sobre la naturaleza de la materia oscura.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) ha liderado el descubrimiento de una nueva galaxia enana ultradébil en las proximidades de Andrómeda (M31), la gran galaxia vecina de la Vía Láctea. Bautizada como Andrómeda XXXVI (And XXXVI), la galaxia parece formar parte del sistema de satélites que orbitan alrededor de Andrómeda, según apunta el análisis realizado por el equipo investigador.

“Nuestro estudio sugiere que And XXXVI es una galaxia muy antigua, de unos 12.500 millones de años, y extremadamente pobre en elementos pesados”, señala Joanna Sakowska, investigadora del IAA-CSIC y autora principal del estudio. Sin embargo, determinar con precisión sus propiedades requerirá observaciones con telescopios espaciales como el Hubble, que permitirán medir con mayor precisión su distancia, edad o composición.

“Lo que está claro, sin embargo, es que And XXXVI es una de las galaxias satélite de Andrómeda más débiles descubiertas hasta la fecha”, afirma Sakowska. Los resultados han sido publicados en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

UN LABORATORIO PARA ESTUDIAR LA FORMACIÓN DE GALAXIAS

La galaxia de Andrómeda, situada a unos 2,5 millones de años luz de la Tierra, es la galaxia espiral gigante más

cercana a la Vía Láctea. Al igual que nuestra galaxia, está rodeada por numerosas galaxias satélite, pequeñas compañeras que orbitan a su alrededor bajo la acción de la gravedad.

Estas galaxias constituyen valiosos laboratorios para estudiar la formación y evolución de las primeras estructuras del Universo. Además, desempeñan un papel clave para poner a prueba el modelo cosmológico estándar, conocido como Λ CDM (*Lambda Cold Dark Matter*), que describe cómo se formaron las galaxias a partir de la materia oscura tras el Big Bang. Según algunas estimaciones basadas en este modelo, Andrómeda podría albergar alrededor de 90 galaxias satélite. “Actualmente conocemos unas 40 galaxias satélite enanas alrededor de Andrómeda, de las cuales unas 15 están clasificadas como ultradébiles”, explica Sakowska.

EL DESCUBRIMIENTO DE ANDRÓMEDA XXXVI

Andrómeda XXXVI fue identificada por primera vez por el astrofotógrafo y astrónomo aficionado Giuseppe Donatiello mientras examinaba imágenes del proyecto PAndAS, realizado con el telescopio CFHT, en Hawái.

Según David Martínez-Delgado, investigador ARAID en el CEFCA, And XXXVI es la cuarta galaxia enana descubierta en el entorno de Andrómeda dentro de este proyecto en la última década. El resultado pone de manifiesto el enorme potencial de contribución de los astrónomos amateur cuando cuentan con entrenamiento adecuado y con acceso, desde sus propios hogares, a imágenes públicas procedentes de grandes cartografiados del cielo.

Tras seleccionar And XXXVI para un estudio más detallado, el equipo obtuvo tiempo de observación en el Gran Te-

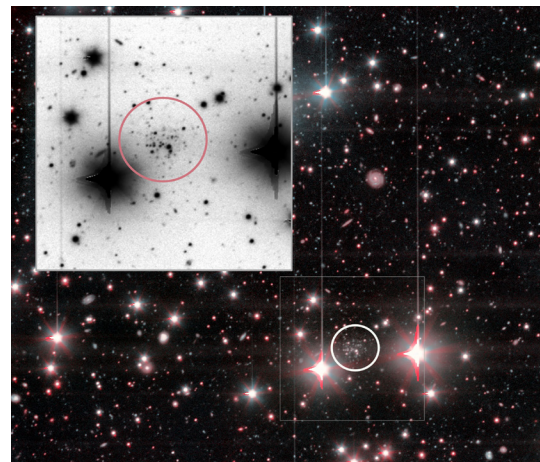


Imagen combinada obtenida con OSIRIS+ del GTC de And XXXVI. And XXXVI se aprecia claramente entre dos brillantes estrellas de primer plano. En el recuadro se muestra una ampliación en color negativo de And XXXVI. Créditos: G. Donatiello, GTC

lescopio Canarias (GTC), donde utilizó el instrumento OSIRIS+, liderado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), para obtener imágenes mucho más profundas. Estas observaciones permitieron distinguir estrellas individuales dentro de la tenue luz difusa de la galaxia. Sin embargo, Andrómeda XXXVI resultó ser un objeto extraordinariamente débil: el equipo investigador solo pudo identificar unas 46 estrellas asociadas a ella.

“Esta escasez de estrellas dificulta enormemente la aplicación de los métodos habituales para medir distancias galácticas, que suelen basarse en poblaciones estelares más numerosas”, indica la autora principal del estudio.

Para superar esta limitación, el equipo comparó las estrellas observadas con modelos teóricos de evolución estelar conocidos como isocronas, que predicen el brillo y el color que deberían tener las estrellas de una misma edad y composición química. “Al asumir que And XXXVI se encuentra aproximadamente a la misma distancia que Andrómeda, las observaciones y los modelos encajan notablemente bien, lo que indica que muy probablemente se trata de una galaxia satélite de M31”, destaca Sakowska.

Descubrir galaxias enanas ultradébiles es extremadamente difícil: su pequeño tamaño y su escasa luminosidad hacen que solo se puedan detectar en nuestro entorno cósmico más cercano. “Cada uno de estos descubrimientos nos ofrece una oportunidad excepcional para estudiar cómo se forman las galaxias en escalas de masa tan extremas, así como para investigar la distribución de la materia oscura. Por ello, esperamos que Andrómeda XXXVI siga siendo objeto de estudio en los próximos años”, concluye la autora principal.

La evidencia más sólida hasta la fecha de un campo magnético en un exoplaneta

UN ESTUDIO LIDERADO POR EL IAA-CSIC APORTA LA PRIMERA EVIDENCIA CONCLUYENTE DE LA INFLUENCIA DE UN PLANETA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE SU ESTRELLA

Los campos magnéticos desempeñan un papel fundamental en la habitabilidad de los planetas. En la Tierra, el campo magnético actúa como un escudo frente al viento solar y contribuye a la evolución de su atmósfera, una condición clave para la existencia de vida. Sin embargo, detectar y medir estos campos magnéticos en planetas situados fuera del sistema solar sigue siendo uno de los grandes retos de la astronomía.

Ahora, un estudio publicado en la revista *Science* y liderado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) demuestra, por primera vez de manera concluyente, que un planeta puede influir directamente en el comportamiento de su estrella. Este hallazgo aporta la evidencia más sólida hasta la fecha de la existencia de un campo magnético en un exoplaneta.

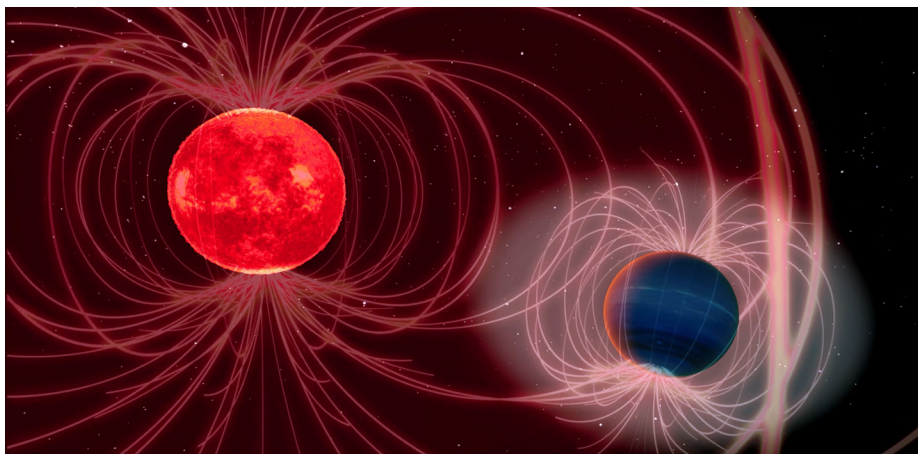
“En particular, hemos observado que GJ 436 b, un exoplaneta similar a Neptuno que orbita muy cerca de su estrella, provoca cambios regulares en el brillo y la energía que emite la estrella en ciertas longitudes de onda”, explica Daniel Revilla, investigador del IAA-CSIC con un contrato FPI-Severo Ochoa.

Además, al analizar cómo y cuándo se producen estas variaciones en la estrella, el equipo ha logrado estimar por primera vez la intensidad del campo magnético de un planeta de este tipo, abriendo una nueva vía para estudiar las propiedades y la habitabilidad de mundos más allá del sistema solar.

CAMPOS MAGNÉTICOS MÁS ALLÁ DEL SISTEMA SOLAR

La presencia de un campo magnético puede influir en la evolución de un planeta: la Tierra es un ejemplo de ello. Marte, por el contrario, perdió hace miles de millones de años su intenso campo magnético global, lo que contribuyó a la pérdida progresiva de su atmósfera y, con ella, de gran parte del agua que albergaba en el pasado.

Conocer si los exoplanetas poseen campos magnéticos, por tanto, es una cuestión clave para evaluar su potencial habitabilidad.



Representación artística de la interacción estrella (GJ 436) - exoplaneta (GJ 436 b). Créditos: IAA-CSIC/LampScience

En este contexto, el estudio liderado por el IAA-CSIC ha analizado dieciséis años de observaciones espectroscópicas de alta resolución del sistema GJ 436, una estrella de baja masa alrededor de la cual orbita GJ 436 b, un planeta similar a Neptuno que orbita muy cerca de su estrella. Los resultados aportan nuevas claves sobre la presencia de campos magnéticos en mundos situados más allá del sistema solar.

“Hasta hace poco se pensaba que era principalmente la estrella la que influía en el planeta, pero nuestros resultados aportan la evidencia más clara hasta la fecha de algo que ya se venía sospechando: que también puede ocurrir lo contrario y que un planeta cercano puede alterar el entorno de su estrella”, señala Rafael Luque, investigador del IAA-CSIC que participa en el estudio.

Los resultados muestran que, aunque las estrellas suelen dominar la relación con sus planetas a través de su gravedad, radiación y campo magnético, un planeta que orbita muy cerca de su estrella también puede influir en ella. En el caso de GJ 436 b, esta interacción deja señales observables que han permitido inferir la existencia y la intensidad de su campo magnético.

Las observaciones, obtenidas con los espectrógrafos CARMENES —instrumento coliderado por el IAA-CSIC e instalado en CAHA— y HARPS, revelan que el campo magnético de GJ 436 b interactúa con el de su estrella e inyec-

ta energía en la cromosfera, una de las capas altas de su atmósfera, aumentando su actividad. Este proceso genera un fenómeno comparable al de las auroras terrestres, pero a escala estelar.

UN PERIODO CLAVE

La interacción entre el planeta y la estrella no se observa de forma continua. El fenómeno solo se ha detectado en 2008, 2016 y 2024, tres episodios separados por intervalos de ocho años. Esta periodicidad coincide con el ciclo de actividad magnética de GJ 436, lo que sugiere que la interacción se vuelve especialmente intensa —o más fácil de detectar— cuando la estrella atraviesa determinadas fases de su ciclo magnético.

La comparación de estas observaciones con modelos teóricos ha permitido al equipo estimar una propiedad extremadamente difícil de medir en un exoplaneta: la intensidad de su campo magnético. “A pesar de su menor tamaño, GJ 436 b tendría un campo magnético entre 2,33 y 27 veces más intenso que el de Júpiter”, señala Pedro J. Amado, coautor del trabajo e investigador del IAA-CSIC.

Este resultado abre una oportunidad única para estudiar los campos magnéticos de planetas situados fuera del sistema solar. Su análisis permite conocer mejor cómo conservan sus atmósferas, cómo es su estructura interna y cómo evolucionan a lo largo del tiempo.

HISTORIAS

Un duradero experimento científico



12 matraces. Experimento de evolución a largo plazo de Richard Lenski con *E. coli* tomada el 25 de junio de 2008. Cada matraz alberga una de las 12 poblaciones en evolución. Las poblaciones crecen en un medio con baja concentración de glucosa, para que el cultivo no sea muy turbio. Sin embargo, la población A-3, evolucionó para utilizar el citrato que también está presente en el medio. Tiene una densidad de células mucho mayor que los demás y, por tanto, es mucho más turbio, debido a la alta concentración de citrato en el medio que favorece un mayor crecimiento celular.

Universidad Estatal de East Lansing,
Michigan, EEUU, 2020

«Emma, por favor, ven aquí...», dijo con voz rota la joven, nerviosa.

«Dime que hay novedades, por favor, dímelo», le contestó su supervisora, levantándose después de horas y horas tecleando en el ordenador. «Ay, toda la tarde sentada y tengo la columna... La edad».

«Ha salido la PCR de la última cepa del registro, hice ya el western blot y la densitometría...».

«Lo ha calibrado mal, como siempre», pensó Emma. «Lleva unas semanas tan despistada, la pobre. Todas hemos empezado así. Tiene que aprender aún mucho, pero es tenaz».

María proyectó la imagen en su pantalla. Emma quedó en silencio: las bandas de colores en las distintas columnas estaban bien marcadas. Y el escalón entre las últimas dos era neto y claro.

«¡Muy bien, chiquilla! Parece ser una mutación, una nueva cepa de bichos va a salir, sí, señora, a saber con qué superpoderes». A María le temblaba un poco la mano. «Has tenido suerte, ¡bravo! Yo llevaba meses sin ver una».

La emoción de su aprendiz, que ahora parecía una niña nerviosilla y expectante antes de abrir

un juguete nuevo, su cara de asombro que casi viraba al susto por lo desconocido, le trajo recuerdos lejanos.

El lugar era el mismo, aunque algunas máquinas eran diferentes. Ayer, pioneras; hoy, relucientes y sofisticadas. «Hace unos años los técnicos del laboratorio estaban más entretenidos. Cuando venía aquí a ver a mi mamá, les salía una mutación nueva cada pocas semanas, y entonces me compraba un helado enorme para celebrarlo...».

«¿Tu madre trabajaba aquí? ¿Ella hacía...?»

«Sí, el mismo trabajo que estás haciendo tú ahora mismo. Yo tenía 8 años. ¿Por...?»

El Long-Term Evolution Experiment (LTEE, experimento a largo plazo de la evolución) es un experimento dirigido por el biólogo Richard Lenski que ha ido siguiendo los cambios genéticos de 12 poblaciones inicialmente idénticas de la bacteria asexual *Escherichia coli* desde el 24 de febrero de 1988. El uso de *E. coli* como el organismo experimental ha permitido que se estudiaran muchas generaciones y poblaciones grandes en un periodo de tiempo relativamente corto. Las poblaciones alcanzaron las 75000 generaciones en 2022.

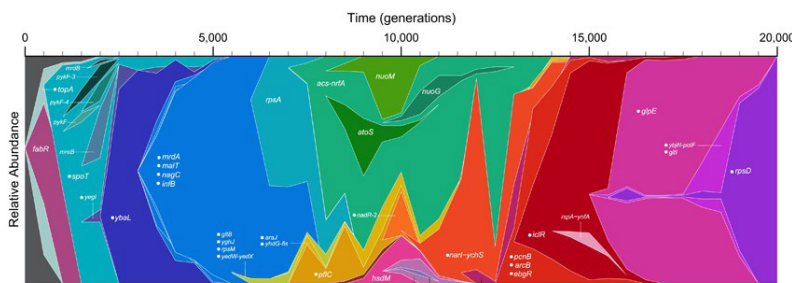


Gráfico de Muller que muestra las abundancias relativas de 42 mutaciones encontradas en la población A-1 durante sus primeras 20.000 generaciones. Las etiquetas son nombres de los genes mutados; Los puntos antes del nombre del gen indican mutaciones que eventualmente se fijaron en la población. Obsérvese el periodo comprendido entre ~7.000 y ~14.000 generaciones, cuando dos clados principales, es decir grupos formados por un ancestro común y toda su descendencia, uno mostrado en tonos de verde y el otro en amarillos y rojos, coexistieron transitoriamente antes de que el último finalmente extinguiera al primero. Créditos: R. Lenski, "Experimental evolution and the dynamics of adaptation and genome evolution in microbial populations". ISME J 11, 2181–2194 (2017).

A lo largo del experimento, se ha observado una gran variedad de cambios fenotípicos y genotípicos en las poblaciones en evolución. La adaptación más sorprendente reportada, a día de hoy, es la evolución de crecimiento aeróbico con citrato, el cual es raro en *E. coli*, en una población en algún momento entre las generaciones 31000 y 31500.

El experimento comenzó con tres objetivos principales: estudiar las dinámicas de la evolución incluyendo la velocidad del cambio evolutivo, examinar la repetibilidad de la evolución y, finalmente, entender la relación entre los cambios a nivel fenotípico y genotípico. Sin embargo, el alcance del experimento ha crecido a medida que la evolución de las poblaciones ha presentado nuevos fenómenos a estudiar y que las técnicas metodológicas han avanzado, lo que ha provocado que surjan nuevas preguntas en biología evolutiva, necesitadas de respuestas.

La línea de *E. coli* elegida para el experimento se reproduce solo y estrictamente de manera asexual, por lo cual los marcadores genéticos se mantienen en los linajes de un antepasado común, y no pueden extenderse de otra forma en las poblaciones. Como consecuencia, la evolución del experimento ocurre únicamente por los procesos principales y fundamentales de la evolución, como mutaciones, deriva genética y selección natural.

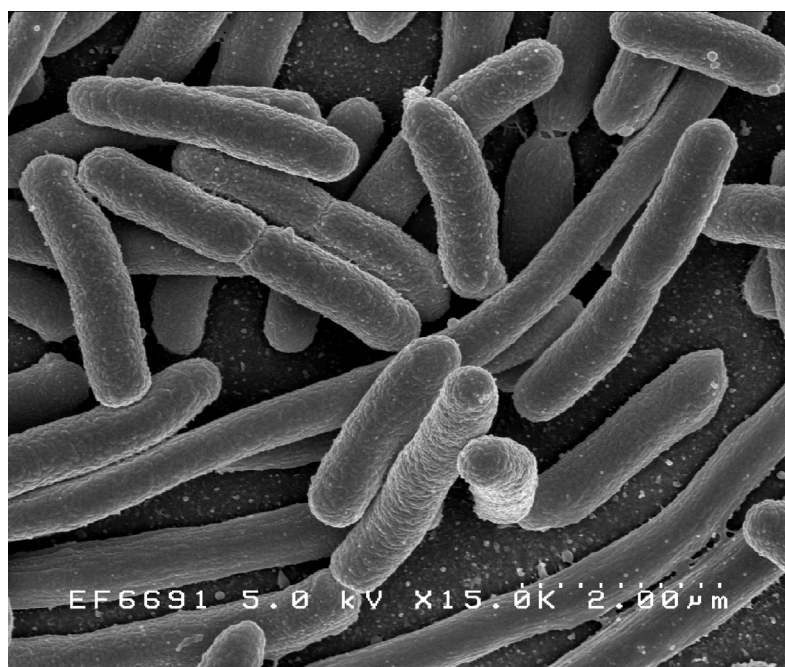
POR SEBASTIANO DE FRANCISCIS (IAA-CSIC)

Las doce poblaciones son mantenidas en una incubadora a 37 °C en laboratorio. Cada día se transfiere el 1% de la población a un matraz con un nuevo medio de crecimiento. Debido a esta dilución, cada población experimenta 6.64 generaciones, o duplicaciones, cada día. Las poblaciones son regularmente analizadas para detectar cambios en el fenotipo promedio. La bacteria puede congelarse para su preservación y permanecer viable. Esto ha permitido la creación de un "registro fósil congelado" de muestras de poblaciones que pueden ser revividas en cualquier momento, permitiendo la comparación de ejemplares vivos de clones ancestrales y evolucionados.

Las poblaciones de *E. coli* han sido estudiadas por más de 75000 generaciones y se cree que han sufrido suficientes mutaciones espontáneas para que cada mutación puntual posible haya ocurrido múltiples veces en su genoma.

Un sonido agudo y molesto devolvió Emma al presente.

«Venga, ¿estas escuchando la alarma, o qué? Vamos a darle de comer a los bichos. Luego salimos ya de aquí, y comemos nosotras: te invito a cenar, hay que celebrarlo.»



Micrografía electrónica de barrido de *Escherichia coli* en cultivo. Crédito: NIAID

REFERENCIA - Lenski, R. Experimental evolution and the dynamics of adaptation and genome evolution in microbial populations. ISME J 11, 2181–2194 (2017)

LOS EXPEDIENTES DEL PROFESOR COSMO

EL PROFESOR COSMO RASTREA LAS REDES SOCIALES EN BUSCA DE LAS NOTICIAS ASTRONÓMICAS MÁS VIRALES PARA SEPARAR LA REALIDAD DE LA FICCIÓN



Desde hace un tiempo no paro de encontrarme la misma noticia una y otra vez en redes sociales: “Nuevas evidencias de que la Tierra está atrapada dentro de un enorme vacío cósmico de cientos de millones de años luz de diámetro”.

A la izquierda podéis ver un ejemplo de este tipo de publicaciones, en este caso de la BBC, ilustrada con una imagen en la que parece que nuestra galaxia se encuentra dentro de una gigantesca “mancha negra”.

Pero... ¿hay algo de cierto en todo esto?

Vayamos por partes.

Lo primero que os adelanto es que la imagen que utilizan para ilustrar la noticia es un auténtico sinsentido.

Lo que estamos viendo aquí no es un gigantesco vacío cósmico, sino Barnard 68 (B68), una nube molecular oscura, también conocida como glóbulo de Bok.

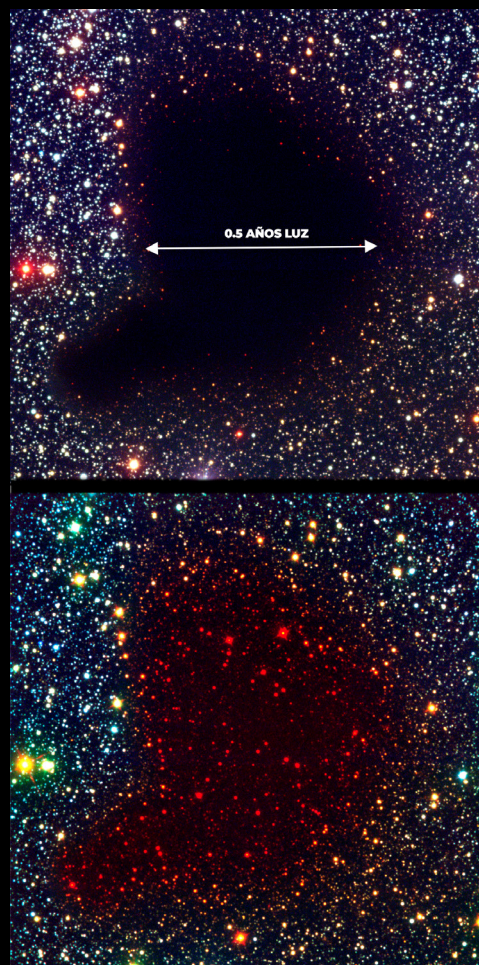
Este objeto no llega siquiera a medio año luz de diámetro y se encuentra dentro de nuestra propia galaxia, a unos 500 años luz de distancia. Es decir, no mide cientos de millones de años luz, como sugieren algunas publicaciones, y muchísimo menos podría contener una galaxia como la Vía Láctea, que tiene unos 100.000 años luz de diámetro.

Además, si observamos Barnard 68 en luz infrarroja, capaz de atravesar el polvo y el gas, descubrimos que detrás de esa aparente “mancha negra”... ¡hay muchísimas estrellas!

Lo que ocurre es que estas nubes están formadas principalmente por hidrógeno molecular y polvo interestelar, materiales que absorben la luz visible. De hecho, son auténticas incubadoras estelares: regiones donde, con el tiempo, el gas colapsa por gravedad y acaba formando nuevas estrellas.

Entonces... ¿de dónde sale toda esta historia del gran vacío cósmico?

Es difícil seguir el rastro exacto de estas publicaciones virales, pero todo apunta a que nacen de una interpretación exagerada de varios estudios recientes sobre regiones del universo con una densidad de galaxias inferior a la media, como los trabajos de Moritz Haslbauer y colaboradores (2020).



B68 en luz óptica (arriba) e infrarroja (abajo). Imágenes tomadas desde el telescopio Very Large Telescope (VLT), Cerro Paranal, Chile. Crédito: ESO

Y aquí conviene hacer una aclaración importante, porque en muchas publicaciones se mezclan dos conceptos diferentes.

Por un lado está el Vacío Local, una estructura del universo cercano conocida desde hace décadas. Se trata de una región relativamente pobre en galaxias situada junto al Grupo Local, el conjunto de galaxias al que pertenece la Vía Láctea. No vivimos dentro de ese vacío, sino cerca de uno de sus bordes.

Por otro lado, algunos estudios proponen que, además de esta estructura, nuestra galaxia podría encontrarse inmersa en una región mucho más extensa, conocida como KBC Void o Local Hole, cuya densidad de galaxias sería aproximadamente entre un 10 y un 20 % inferior a la media del universo cercano. Esta hipótesis sigue siendo objeto de investigación y todavía existe debate sobre su tamaño e incluso sobre su propia existencia.

La diferencia es fundamental. El Vacío Local es una estructura bien identificada dentro de la red cósmica, mientras que el KBC Void sería una región mucho más amplia de baja densidad, no un enorme agujero vacío.

Y aquí está el quid de la cuestión: en cosmología, un vacío no está realmente vacío.

Aunque estas regiones contienen menos galaxias que la media, siguen albergando materia, gas, materia oscura e incluso galaxias dispersas. Son simplemente grandes cavidades dentro de la red cósmica, esa inmensa

estructura formada por filamentos y supercúmulos de galaxias que se extiende por todo el universo.

El mapa que veis muestra precisamente esa distribución. En él aparecen algunos de los principales vacíos y supercúmulos situados a menos de 500 millones de años luz de la Vía Láctea. Lejos de ser agujeros negros en el espacio, los vacíos son una consecuencia natural de cómo se organiza la materia a gran escala.

Probablemente ahí nació toda la confusión. Alguien tomó el término “vacío cósmico”, que en astronomía significa simplemente una región con menor densidad de galaxias, y lo ilustró con la imagen de Barnard 68, una nube molecular que visualmente parece un agujero negro sobre el fondo estelar. El resultado fue una noticia mucho más llamativa... pero completamente engañosa.

Así que ya lo sabéis. La próxima vez que veáis una publicación asegurando que vivimos dentro de un gigantesco agujero en el universo ilustrada con esta imagen, recordad que en realidad está mostrando Barnard 68, una pequeña nube molecular situada a apenas 500 años luz de nosotros y que no tiene absolutamente nada que ver con los grandes vacíos cosmológicos.

Porque, como ocurre tantas veces en ciencia, la realidad es mucho más interesante que el titular.

Y, por supuesto, antes de dejaros llevar por una noticia demasiado espectacular... ¡mejor consultad al Profesor Cosmo!



Mapa de vacíos y supercúmulos a menos de 500 millones de años luz de la Vía Láctea. El Vacío Local se muestra en el círculo amarillo. Crédito: Richard Powell

DESTACADOS

■ ■ ■ ANTIXON ALBERDI, NUEVO ACADÉMICO DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE ESPAÑA



Antxon Alberdi Odriozola, antiguo director del instituto, ha sido nombrado Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España, en la que se incorpora en la sección de Ciencias Físicas y Químicas al área de 'Astronomía con muy alta resolución angular'.

El día 15 de abril tuvo lugar su conferencia de recepción como Académico Correspondiente, en la que impartió la ponencia titulada 'Interferometría en Astronomía: el Universo bajo el microscopio'. Al término del acto se le hizo entrega del diploma acreditativo de miembro de la Corporación.

■ ■ ■ RAFAEL LUQUE, PREMIO PRINCESA DE GIRONA DE INVESTIGACIÓN 2026

Rafael Luque Ramírez, doctor en Astrofísica e investigador Ramón y Cajal en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha sido distinguido con el Premio Princesa de Girona 2026 en la categoría de Investigación.

La Fundación Princesa de Girona reconoce con este galardón la carrera de jóvenes científicos e investigadores con proyectos o contribuciones destacadas en sus respectivas disciplinas, así como su capacidad de innovación y emprendimiento. En concreto, en el caso de Rafael se han reconocido sus destacadas contribuciones a la identificación de exoplanetas (incluyendo más de 220 planetas fuera del sistema solar) y al estudio de "mundos acuáticos", elementos clave para comprender la formación planetaria y la posible existencia de vida.

El premio se entregó en una ceremonia celebrada el 14 de julio en el Gran Teatre del Liceu de Barcelona y presidida por los Reyes de España.



■ ■ ■ LOURDES VERDES-MONTENEGRO, PREMIO EMBAJADORA WIRS 2026



Lourdes Verdes-Montenegro Atalaya, profesora de investigación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha sido galardonada con el premio Women in Radio Science (WIRS) Ambassador 2026, concedido por el Comité Nacional Español de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI).

El premio ha reconocido la trayectoria de la astrofísica, cuyo trabajo destaca por su capacidad para establecer conexiones entre la investigación de vanguardia en radioastronomía, el desarrollo tecnológico de grandes infraestructuras y su profundo impacto social, basado en los valores de la Ciencia Abierta y la sostenibilidad.

La entrega oficial de los galardones se llevará a cabo durante la celebración del próximo Simposio Nacional URSI 2026, en la Universidad de La Laguna del 2 al 4 de septiembre.

■ ■ ■ GABRIELLA GILLI, PRIX BARON NICOLET (PERIODO 2024-2025)

Gabriella Gilli, investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha sido galardonada con el "Prix Baron Nicolet 14^a" (periodo 2024-2025), otorgado por la Académie Royale de Belgique.

Este premio reconoce a investigadores de renombre internacional destacados en el campo de la Aeronómica, la rama de la física y la ciencia planetaria que estudia las capas superiores de la atmósfera terrestre y de otros cuerpos celestes.

La entrega del premio será el 19 de diciembre en Bruselas.



■ ■ ■ JOSÉ MANUEL VÍLCHEZ, NUEVO PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA



En la asamblea general celebrada durante la XVII Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía (13-17 de julio), se eligió a José Manuel Vílchez Medina (IAA-CSIC) como su nuevo presidente para los próximos dos años.

José Manuel Vílchez es profesor de investigación en el Instituto de Astrofísica de Andalucía del Consejo Superior de Investigación Científica (CSIC), donde lidera el grupo que estudia la formación estelar y la evolución química de las galaxias, con especial atención a los episodios intensos de formación de estrellas conocidos como starbursts o estallidos de formación estelar.

La sociedad mantiene además su compromiso con la alternancia entre hombres y mujeres en la presidencia. De acuerdo con este modelo, Maite Ceballos, asumirá la presidencia de la SEA en el próximo mandato, dentro de dos años.

RECOMENDADOS - ESPECIAL ECLIPSES

■ ■ ■ 'LOS ECLIPSES DE SOL', UN LIBRO PARA DISFRUTAR CON SEGURIDAD DEL TRÍO IBÉRICO DE ECLIPSES



España está viviendo un acontecimiento astronómico excepcional con el denominado Trío Ibérico de Eclipses, formado por dos eclipses totales de Sol (2026 y 2027) y un eclipse anular (2028). Con motivo de estos, el astrofísico Alejandro Sánchez de Miguel, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha escrito el libro 'Los eclipses de Sol', dentro de la colección '¿Qué sabemos de?' (Editorial CSIC-Catarata), una guía divulgativa pensada para que cualquier persona pueda comprender este fenómeno y observarlo de forma segura.

La obra explica de manera sencilla cómo se producen los eclipses solares y qué sucede durante los minutos previos y posteriores a la totalidad. En este se describen algunos de los efectos más sorprendentes del fenómeno, como el oscurecimiento repentino del cielo, la aparición de la corona solar, el descenso de la temperatura y los cambios en el comportamiento de algunos animales. Además de la explicación científica, el libro transmite la emoción de presenciar un eclipse total, una experiencia que muchos consideran única e inolvidable.

Más allá de la divulgación, se ofrecen recomendaciones prácticas para preparar la observación y se incluyen consejos para elegir el mejor lugar desde el que contemplar el eclipse, planificar el viaje con antelación y tener en cuenta las condiciones meteorológicas. También se dedica un apartado a la fotografía, con orientaciones para captar el fenómeno sin poner en riesgo los equipos.

Uno de los aspectos más destacados de este libro es la importancia que se concede a la seguridad ocular: se recuerda que nunca debe observarse el Sol directamente sin la protección adecuada y se recomienda utilizar únicamente gafas homologadas que cumplan la norma ISO 12312-2:2015 o recurrir a métodos de observación indirecta. Asimismo, se advierte de que las gafas de sol convencionales, los cristales ahumados o las radiografías no ofrecen una protección suficiente y pueden provocar daños irreversibles en la vista.

Con este libro, el CSIC pretende acercar al público uno de los fenómenos astronómicos más espectaculares que podrán contemplarse desde España en las próximas décadas, proporcionando información rigurosa y consejos prácticos para disfrutar de los eclipses con seguridad y aprovechar al máximo esta oportunidad única.

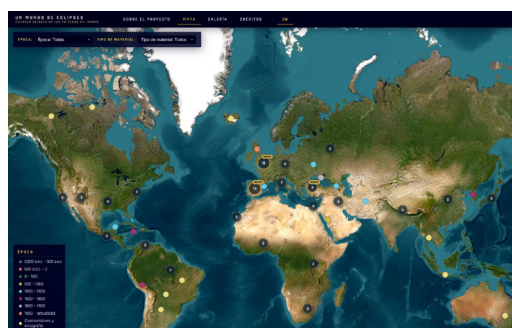
■ ■ ■ 'UN MUNDO DE ECLIPSES', UN ATLAS INTERACTIVO SOBRE LAS INTERPRETACIONES DE LOS ECLIPSES SOLARES EN LAS CULTURAS DEL MUNDO

'Un mundo de eclipses', un proyecto de la Comisión Astronomía Cultural de la Sociedad Española de Astronomía —a la que pertenecen Rubén García-Benito y Enrique Pérez Montero, investigadores del IAA-CSIC—, es un mapamundi interactivo que permite recorrer el mundo virtualmente para descubrir una amplia selección de interpretaciones de los eclipses solares a través del rico patrimonio cultural en el que este fenómeno quedó plasmado.

En total se han recopilado más de 100 manifestaciones culturales seleccionadas por su interés histórico, artístico o etnográfico y por su diversidad geográfica y temporal. Cada elemento cuenta con una ficha completa con información detallada, y podemos encontrar murales en Uganda, textos bíblicos, jeroglíficos egipcios, la primera fotografía de un eclipse solar, sellos de correos conmemorativos, un cómic de Tintín o un manga en Japón, así como mitos y leyendas australianos, cherokees o zulús.

El mapa es resultado del trabajo conjunto de un equipo que integra a más de 20 especialistas de una veintena de centros de investigación, universidades y otras entidades, en campos como la astrofísica, la historia del arte, la etnología, la egiptología y la sinología, junto con creadores en ámbitos como la literatura o la fotografía.

Se trata de un recurso educativo gratuito para docentes, estudiantes y público general, que, además, ha sido traducido al inglés y adaptado para personas con discapacidad visual.



■ ■ ■ LA EXPOSICIÓN 'EL GRAN TRÍO DE ECLIPSES EN ESPAÑA 2026-2027-2028'



La exposición 'El gran trío de eclipses en España 2026-2027-2028' está dedicada a un acontecimiento astronómico muy poco frecuente: los tres eclipses de Sol, dos totales y uno anular, que se podrán observar desde la península ibérica, donde no se veía un eclipse total desde 1912.

La muestra consta de 21 paneles con llamativas fotografías del Sol y sus eclipses acompañadas de textos e ilustraciones. Sus contenidos invitan a descubrir cuándo y desde dónde podrán verse los tres eclipses ibéricos, cómo se producen estos fenómenos astronómicos, si son predecibles, la ciencia que hay detrás de ellos, cómo se han plasmado en las obras pictóricas e incluso los eclipses que se dan en otros planetas.

'El gran trío de eclipses en España 2026-2027-2028' es una iniciativa de la Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica y Ciencia Ciudadana del CSIC comisariada por Emilio García, responsable de la Unidad de Cultura Científica del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



INSTITUTO DE
ASTROFÍSICA DE
ANDALUCÍA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



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



@iaa_csic



@iaa.comunicación



@iaacsic.bsky.social



@iaaudc