

# I NFORMACIÓN Y A CTUALIDAD A STRONÓMICA

*revista.iaa.es*

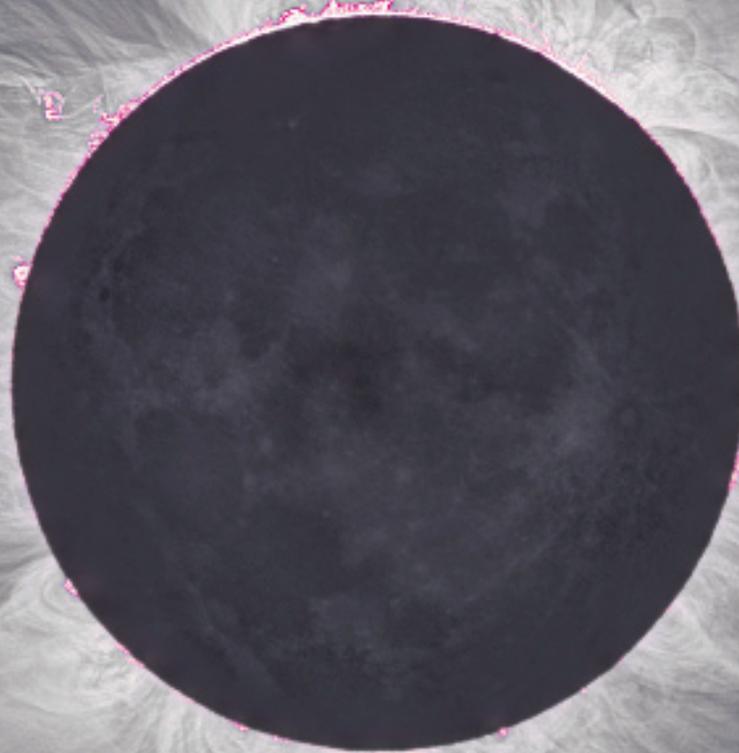
FEBRERO DE 2018, NÚMERO 54

## exploradores solares

qué nos han enseñado los eclipses solares

Estrellas errantes en las Nubes de Magallanes

Katherine Johnson y las figuras ocultas de la NASA



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

<http://www.iaa.es>

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

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor o autores.

Instituto de Astrofísica de Andalucía  
Glorieta de la Astronomía sn , 18008 Granada. Tlf: 958121311 Fax: 958814530. e-mail: revista@iaa.es

Depósito legal: GR-605/2000  
ISSN: 1576-5598

La página web de esta revista ha sido financiada por la Sociedad Española de Astronomía (SEA). <http://revista.iaa.es>

# SUMARIO

## REPORTAJES

Los cazadores de eclipses...3

Las estrellas errantes de las Nubes de Magallanes...7

Katherine Johnson y las figuras ocultas de la NASA...9

CIENCIA EN HISTORIAS...Maria Winkelman ... 11

DECONSTRUCCIÓN Y otros ENSAYOS. Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia ...12

EL "MOBY DICK" DE... Mary Loli Martínez Aldama (IAA) ...14

ACTUALIDAD ...15

SALA LIMPIA ...21

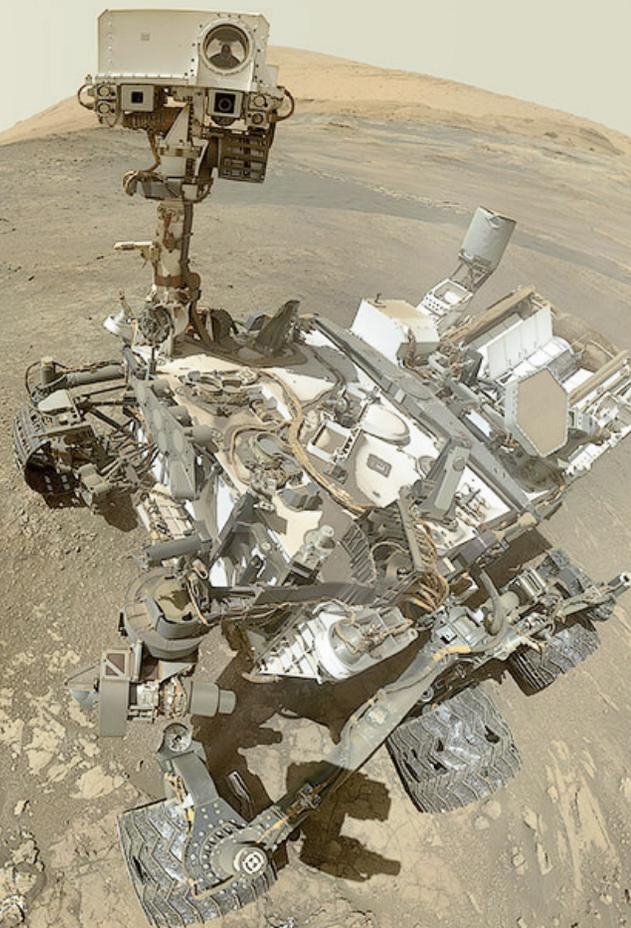
CIENCIA: PILARES E INCERTIDUMBRES. Los rayos cósmicos: una nueva ventana al universo ...22

## AUTORRETRATO EN LA CRESTA DE VERA RUBIN

En el sol 1943 de su viaje de exploración por la superficie de Marte, el rover *Curiosity* se fotografió en el borde sur de la cresta de Vera Rubin (un sol es un día solar marciano, unos cuarenta minutos más que un día terrestre). El sol 1943 de *Curiosity* corresponde al 23 de enero de 2018 en la Tierra.

Fuente: NASA, JPL-Caltech, MSSS.  
Panorama: Andrew Bodrov.

Astrónoma estadounidense, pionera en la medición de la rotación de las estrellas dentro de una galaxia. Sus mediciones pusieron de manifiesto que las curvas de rotación galácticas se mantenían planas, lo que constituye la evidencia más directa y robusta de la existencia de materia oscura.



# Los cazadores de eclipses

**HASTA PRINCIPIOS DEL SIGLO XX, LOS ECLIPSES SOLARES FUERON UNA HERRAMIENTA ÚNICA PARA CONOCER EL SOL**

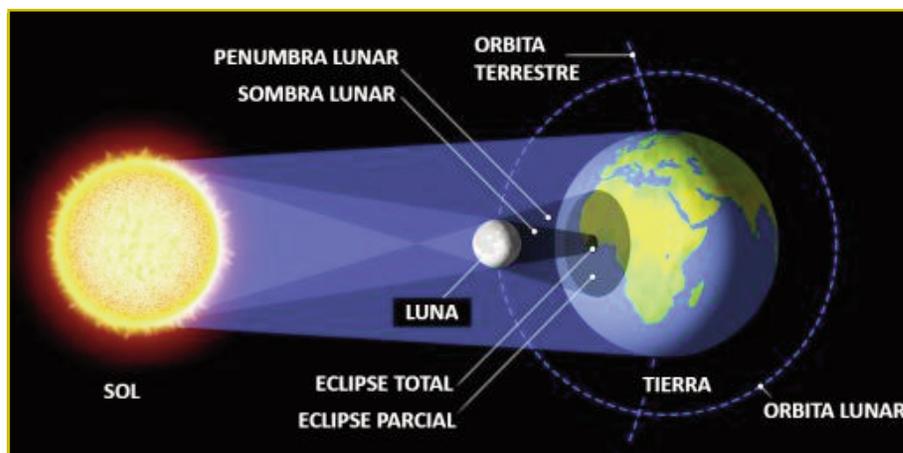
Por Manuel González García  
(Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC)

**EL 21 DE AGOSTO DE 2017 SE PRODUJO UN ECLIPSE SOLAR TOTAL, VISIBLE SOBRE TODO EN ESTADOS UNIDOS.** En el Instituto de Astrofísica de Andalucía recibimos varias llamadas en las que nos preguntaban sobre la importancia del evento y sobre los detalles de cómo observarlo. Se les explicaba que los eclipses son un fenómeno de la naturaleza que ocurre con relativa frecuencia y que son preciosos, pero que en la actualidad su interés científico es bastante reducido. En nuestros días somos capaces de predecir con gran precisión cuándo se va a producir un eclipse, cuánto tiempo será visible y desde dónde se puede observar. Además, desde la invención de un instrumento llamado coronógrafo a principios del siglo XX, no es necesario esperar a que haya un eclipse para observar las capas externas del Sol, puesto que este aparato nos permite tapar el disco solar y visualizar la corona siempre que queramos.

Sin embargo, los eclipses solares han sido extremadamente útiles para la física solar a lo largo de la historia. Algunos de los hitos de esta disciplina tuvieron lugar durante la observación de un eclipse total de Sol. Este artículo rinde homenaje a todas las personas que, a lo largo de la historia, fueron capaces de recorrer medio mundo para observar el Sol durante apenas unos minutos, y conseguir que entendiéramos un poquito mejor nuestra estrella. Si el día no amanecía nublado, claro.

## ¿Qué es un eclipse?

Los eclipses se producen cuando la Luna, la Tierra y el Sol se alinean. Si la Tierra se sitúa entre el Sol y la Luna, esta se ve oscurecida por la sombra de nuestro planeta, con lo que tenemos un eclipse de Luna. Por su parte, los eclipses de Sol se producen



Arriba. Los eclipses solares se producen porque la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra. Fuente: Martha Debayle.

Derecha. Tabla de arcilla Babilonia con predicciones de los eclipses comprendidos entre los años 518 y 465 a.C. Fuente: NASA.



cuando la Luna se sitúa entre el Sol y la Tierra, proyectando su sombra sobre nuestro planeta. El diámetro aparente de la Luna es prácticamente igual al del Sol y, como consecuencia, en un eclipse dejamos de ver nuestra estrella total o parcialmente (lo que da como resultado un eclipse total o parcial, respectivamente). Además, como la sombra de la Luna es muy pequeña, los eclipses solares (al contrario que los lunares), solo se pueden ver desde una zona muy concreta del planeta. Ante esta explicación surge una pregunta: si la Luna tarda unos veintiocho días en dar la vuelta a la Tierra, ¿por qué no hay un eclipse solar y uno lunar al mes? En efecto, cabría esperar que cada mes se produjeran dos eclipses, coincidiendo con el paso de la Luna por los dos puntos clave. Sin embargo, esto no ocurre porque el plano en el que nuestro satélite orbita alrededor de nosotros está inclinado con respecto al plano que une la Tierra y el Sol. Se puede estimar que se producen, en promedio, unos dos eclipses solares al año.

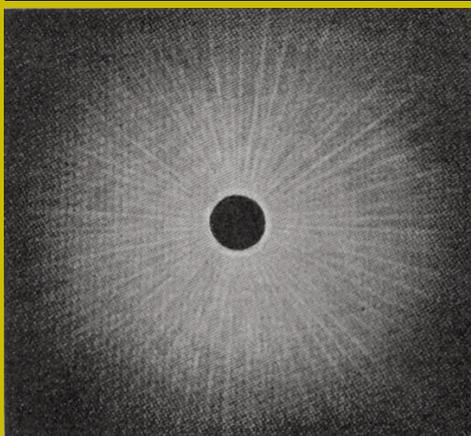
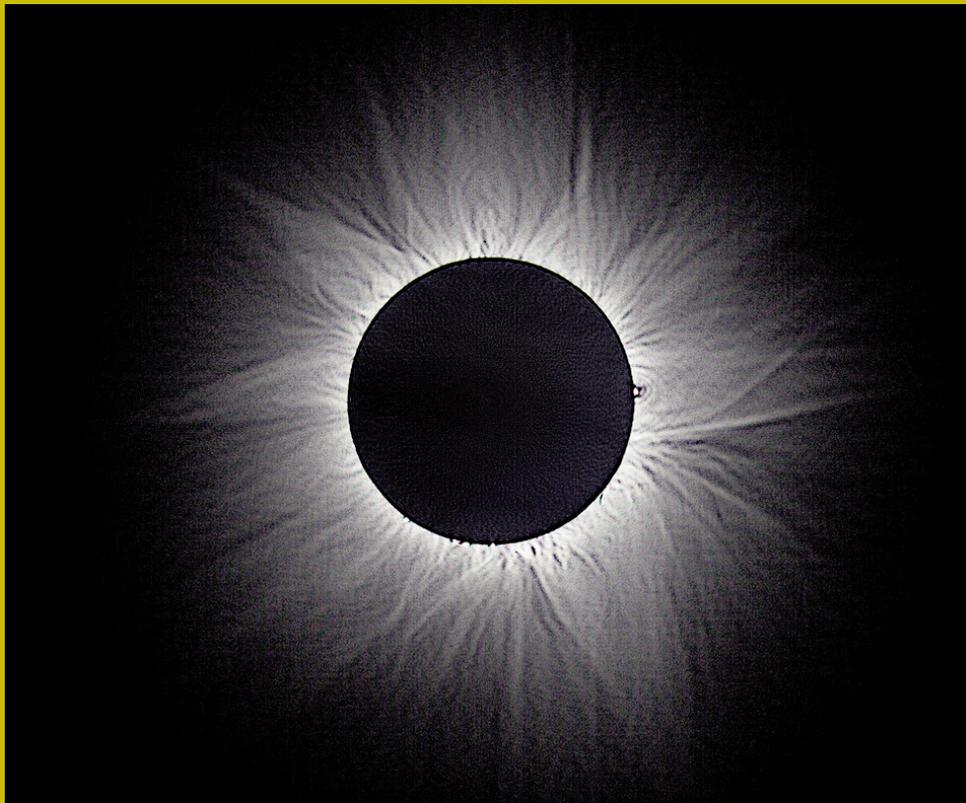
## ¿Desde cuándo se observan?

Los registros historiográficos nos permiten

estimar que los eclipses han sido observados por los seres humanos desde hace aproximadamente unos cinco mil años: existe un monumento megalítico en Irlanda que representa varios petroglifos con forma de espiral que se pueden corresponder con un eclipse producido el año 3340 a.C. En la antigua China se creía que los eclipses eran producidos por un dragón que se comía la Luna o el Sol. Cada vez que se producía alguno de estos fenómenos, la gente hacía ruido para espantarlo. Sin embargo, las últimas investigaciones apuntan a que el primer eclipse solar registrado tuvo lugar el 5 de marzo de 1223 a. C., a juzgar por una tablilla de arcilla encontrada en la antigua ciudad de Ugarit (en la actual Siria). Además de ello, se sabe que los antiguos babilonios ya observaban sistemáticamente los eclipses, y que incluso eran capaces de predecirlos.

Los griegos también registraban los eclipses, y es famosa la frase del poeta griego Arquiloco, tras contemplar un eclipse acontecido en el año 647 a.C.:

“Nada puede ser sorprendente, imposible o milagroso, ahora que Zeus, padre de los



Arriba: corona solar observada en el eclipse del 14 de noviembre de 2012. Fuente: Nicholas Jones.  
 Debajo izda: dibujo de Roger Cotes mostrando la corona solar en el eclipse del 25 de mayo de 1715.  
 Debajo dcha: eclipse solar total, observado en Francia el 11 de agosto de 1999. Se pueden apreciar la corona y las prominencias solares (en rojo). Fuente: Luc Viatour.

oscura y débil como una banda estrecha brillando en un círculo alrededor del borde del disco”.

De sus palabras se puede deducir claramente que cuando habla de una luz oscura y débil se refiere a la corona solar. En cambio, tendremos que esperar hasta el siglo XVIII para tener el primer dibujo de dicha estructura. Fue realizado por un profesor de Cambridge (Roger Cotes, 1682-1716), tras la observación de un eclipse total el 25 de mayo de 1715.

Durante el siglo XIX se popularizó la costumbre de dibujar los eclipses, por lo que en el registro histórico se pueden encontrar múltiples dibujos de la corona. Como curiosidad, cabe señalar que el nombre de dicha estructura se lo debemos al astrónomo español José Joaquín de Ferrer (1763-1818), tras la observación de un eclipse solar total cerca de Nueva York, el 16 de junio de 1806. Ferrer dedujo también que la corona pertenecía al Sol y no a la Luna, debido a su gran tamaño (hasta ese momento se especulaba con la posibilidad de que la corona fuera parte de nuestro satélite).

### Las prominencias solares

Otras estructuras descubiertas gracias a la observación de un eclipse fueron las prominencias solares. Las prominencias son grandes acumulaciones de gas relativamente frío suspendido sobre la atmósfera solar gracias a los campos magnéticos del Sol. La que se considera como primera mención inequívoca a una prominencia se produjo tras la observación de un eclipse total el 1 de mayo de 1850, pero hay menciones que parecen apuntar a estos fenómenos, entre ellos *La crónica de Nóvgorod* (1016-1471), un tratado medieval que constituye la crónica más antigua de la república de Nóvgorod en la actual Rusia, donde se relata lo siguiente: “Por la tarde hubo un eclipse de Sol. Se puso oscuro y se pudieron ver las estrellas... El Sol tomó una apariencia similar a la de la Luna, y de su borde surgió algo similar a ascuas vivas”.

No es hasta el siglo XIX que tenemos la primera imagen de una prominencia. Como se ha comentado anteriormente, en esta época se popularizó la costumbre de hacer dibujos muy precisos de los eclipses solares. El 18 de agosto de 1868, una expedición patrocinada por la *Royal Astronomical Society* y dirigida por el astrónomo británico Major J.F. Tennant (1829-1915) se desplazó a la ciudad india de Guntoor para observar un

Olímpicos ha hecho la noche del mediodía, ocultando la luz del sol brillante. Un miedo que debilita el ánimo sobrevino a la humanidad. Después de esto, los hombres pueden creer y esperar cualquier cosa”.

En el siglo II d.C., el matemático y astrónomo Claudio Ptolomeo (100-170 d.C.) en su *Almagesto* (un famoso tratado astronómico), estableció las bases para predecir eclipses, puesto que en esta época se conocían los detalles de la órbita lunar. Por último, también hay algunos autores que afirman que las civilizaciones precolombinas conocían el movimiento de los astros y eran capaces de predecir eclipses.

Como podemos ver, los eclipses han sido observados y estudiados desde hace varios milenios. Además, gracias a estos impresionantes fenómenos se han podido realizar descubrimientos científicos clave para entender la naturaleza de nuestra estrella.

### Primera mención a la corona solar

Tenemos que esperar hasta el siglo X para encontrar el primer descubrimiento cientí-

fico posible gracias a un eclipse solar. Compuesta por plasma caliente, la corona es la parte más caliente de la atmósfera solar (su temperatura se eleva a varios millones de grados y se extiende más de un millón de kilómetros por encima de la cromosfera). El problema que entraña su observación reside en que su brillo queda oculto por el del disco solar, y no puede ser vista en condiciones normales. Por esta razón hasta principios del siglo XX era fundamental estudiarla durante los eclipses solares, puesto que en estas ocasiones el disco aparecía oscurecido por la Luna.

La primera vez en la historia en la que se habla explícitamente de algo que se pueda asimilar a la corona solar es en un texto del historiador bizantino León el Diácono (siglo X), tras observar un eclipse total el 22 de diciembre de 968 en la actual Estambul (Turquía). Según su relato:

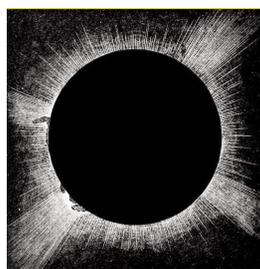
“...en la cuarta hora del día [...] la oscuridad cubrió la tierra y las estrellas más brillantes resplandecieron. Y fue posible ver el disco del Sol, gris y apagado, y una luz

eclipse total. Esta expedición realizó un dibujo muy detallado del fenómeno, el primero en el que se podían apreciar claramente prominencias junto al disco solar. De hecho, es a partir de ese año cuando se comenzó a llamar prominencias a esas extrañas estructuras observables junto a la superficie del Sol. Como anécdota, en *Through Magic Glasses and Other Lectures, a sequel to the Fairyland of Science*, un libro sobre astronomía de Arabella B. Buckley (1840-1920) publicado en 1890, se afirma lo siguiente con respecto al nombre:

“Sería mucho mejor, si se usara algún otro nombre, como 'nubes brillantes', o 'chorros rojos', puesto que no hay duda de que son chorros de gases, principalmente hidrógeno, presentes sobre la cara del sol, aunque solo son visibles cuando la luz de este se oscurece”.

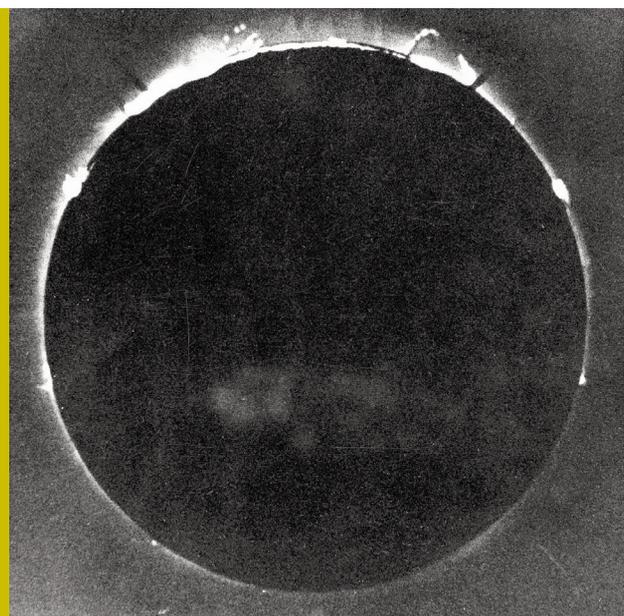
### Primeras fotografías y observación de una eyección de masa coronal

El siglo XIX también fue testigo del naci-



Arriba: dibujo del eclipse solar del 18 de agosto de 1868. Aparte de la corona, se pueden apreciar unas estructuras junto al disco, llamadas prominencias. Fuente: Major J.F. Tennant.

Dcha: Primera fotografía de un eclipse total, realizado por Warren de la Rue en 1860. Fuente: Kiril J. Sheth, Stanford Solar Center.



miento de la fotografía, una nueva técnica que permitía tomar imágenes en poco tiempo. Durante la segunda mitad de siglo la fotografía se popularizó en el entorno científico para poder estudiar los fenómenos naturales. Una de las primeras fotografías científicas en el campo de la física solar

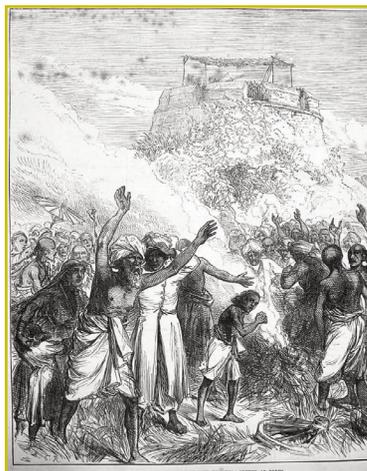
tuvo también lugar durante un eclipse. Efectivamente, el 18 de julio de 1860, en la localidad española de Rivabellosa (Álava), Warren de la Rue (1815-1899), un astrónomo, químico y fotógrafo británico, realizó la primera fotografía de un eclipse solar de la historia.

## A veces las cosas salían mal

Aunque los eclipses han sido fundamentales a la hora de entender nuestra estrella, las expediciones para observarlos no fueron siempre exitosas. Unas coordenadas equivocadas, una catástrofe natural o un simple cielo nublado podían hacer que la misión fracasara. Estadísticamente, el factor que más eclipses ha estropeado ha sido el tiempo. Y estadísticamente Reino Unido es uno de los países más lluviosos de Europa. Cuando el 29 de junio de 1927 se produjo un eclipse total de Sol al norte de Inglaterra, los astrónomos estuvieron reflexionando sobre la mejor localidad para observarlo. El eclipse era visible en una franja que atravesaba desde Blackpool hasta Hartlepool, una zona donde en junio el Sol no suele hacer acto de presencia. Aún así, el astrónomo inglés Frank Dyson (1868-1939) decidió organizar una expedición a la ciudad inglesa de Giggleswick, y la publicitó enormemente: las compañías de trenes fletaron excursiones

para ver el eclipse, los periódicos locales regalaban gafas especiales para observarlo, etc. Desde dos semanas antes del eclipse el cielo estuvo nublado pero el 29 de junio, contra todo pronóstico, el sol salió y las más de 70.000 personas que acudieron a Giggleswick pudieron ver el eclipse. En el resto de Inglaterra estuvo lloviendo todo el día.

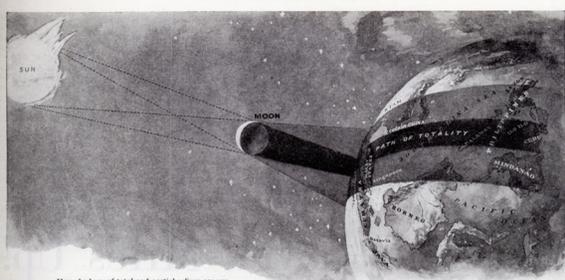
Lockyer fue el protagonista de una curiosa anécdota que casi le impide ver un eclipse. Tras haber descubierto el helio, se convirtió en un apasionado de las expediciones para observar eclipses, y en 1871 realizó un largo viaje a la India para poder ver uno. La mañana del 12 de diciembre, en la localidad de Bejal Fort, todo su equipo había desplegado el instrumental necesario para poder ver la ocultación del Sol. Pero, durante las fases iniciales del eclipse, la expedición observó cómo un grupo de personas locales comenzaban a



Visión artística del incidente de Lockyer en Bekal (India) durante el eclipse de 1871. Fuente: The Illustrated London News, 1872.

hacer una gran hoguera. Según su creencia, este gran fuego animaría al Sol, que se iba poniendo cada vez más oscuro, a volver a brillar con fuerza. Lockyer reaccionó rápidamente, y con la ayuda de un grupo de policías consiguieron apagar el fuego y dispersar a la multitud, consiguiendo así observar la ocultación del Sol. En 1780, Samuel Williams, profesor de matemáticas y filosofía natural de Harvard calculó que el eclipse que se produciría el 27 de octubre de ese año sería

visible desde la bahía de Penobscot (EEUU). En esa época la Guerra de Independencia estadounidense (1775-1883) estaba en pleno apogeo, y la zona en la que Williams estimó que la visibilidad del eclipse sería máxima estaba en manos de la armada británica. Mediante complejas negociaciones, el comandante británico de Maine permitió a un grupo de astrónomos liderados por Williams traspasar las líneas del frente, y poder observar el eclipse con tranquilidad, con la condición de que se quedarán en la isla de Iseboro, a cinco kilómetros del lugar calculado por Williams. Este lugar no había sido elegido por el profesor, pero según sus estimaciones también permitía una buena visibilidad. El día del eclipse, la expedición comprobó con amargura que el Sol no llegó a taparse completamente: estaban cincuenta kilómetros más al sur de lo debido, por lo que el eclipse solo se percibía de forma parcial. Williams se había equivocado, aunque él responsabilizó a los mapas con los que trabajaba, según él imprecisos.



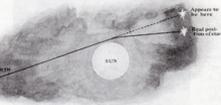
How shadows of total and partial eclipse are produced by the Moon as it crosses the Sun's face. This diagram, of course, is not drawn to scale.

## Eclipse to Check Einstein

Astronomers Journey Halfway Around the World to Study Five-Minute Spectacle, as the Moon Blots the Sun's Face

By GEORGE LEE DOWD, JR.

EINSTEIN'S theory of relativity receives a new test in the wilds of Sumatra in the Dutch East Indies on May 9, when leading astronomers of Europe and America study and photograph a remarkable five-minute total eclipse of the sun, for which they will have journeyed halfway around the world. The duration of the eclipse, and the fact that this island off the Malay Peninsula lies directly in its path, offer an unusual opportunity for scientific observations. The average eclipse lasts only from one to four minutes, and the longest possible duration of a total eclipse for a single observer is seven minutes and fifty-eight seconds. As the moon passes across the face of the rosy tropical sun, its shadow, a hundred miles wide, will stretch a ribbon of darkness over the central islands of the Philippines, southern Siam, Cochinchina, the Malay Peninsula, and Sumatra. At different points along the path of this shadow, expeditions from the United States, England, France, Germany, and Holland will await its coming. For weeks before, the members of these expeditions will have rehearsed their parts in changing camera plates and checking observations. During the precious minutes of darkness, they will



Photographs during the eclipse will test Einstein's theory that the light from a star is bent from its course in passing the sun, so that its apparent position in the heavens is not its real position.

work with the speed and efficiency of mechanics changing the tire of a racing auto. If it rains or is cloudy during those five minutes, a quarter of a year of preparation and travel will be lost by the expeditions to Sumatra. That island will not see another total eclipse until 1988. During this miniature midnight, the stars in the neighborhood of the sun will be photographed. To test the Einstein theory, the same stars will be photographed again at night. Their positions in the two photographs will be compared. If they appear to be in a different position in the eclipse photograph, it will indicate that the light rays were bent out of their courses in passing the sun, in accordance with the theory of the famous German scientist. Similar tests, made by British observers in 1919, tended to con-

firm the Einstein theory, while those made at the Lick Observatory in California during the eclipse of 1922 showed almost the identical displacement of stellar images predicted by him. But some other tests are said to have indicated deviations from his formula, so the expeditions are placing tests of the famous theory at the head of their list of experiments. Two other experiments, during the five-minute eclipse, may result in important new discoveries. In one, the effect of a total eclipse upon the transmission of radio waves will be studied. The other will attempt to determine the exact nature of the corona, that mysterious glowing envelope that surrounds the sun and sends its streamers millions of miles into space.

DURING the 1925 eclipse, visible in the eastern part of the United States, scientists on board the Navy dirigible *Los Angeles* drew the outline of the corona as seen high in the air. At one time it appeared like a fiery octopus, at another like a box-elder leaf. It is possible that observers in distant Sumatra may discover whether this corona is gaseous, liquid, or solid, and may even determine its chemical composition.

Arriba: dibujo de Giuglielmo Tempel del eclipse del 18 de julio de 1860. Fuente: *High Altitude Observatory*.

Izquierda: artículo aparecido en la revista *Popular Science Monthly* explicando la importancia de las dos expediciones financiadas por la *Royal Astronomical Society* para observar el eclipse de 1929.

Arriba: dibujo de Giuglielmo Tempel del eclipse del 18 de julio de 1860. Fuente: *High Altitude Observatory*.

Además de ello, el eclipse del 18 de julio de 1860 fue uno de los más observados de la historia hasta ese momento. Por ello, aparte de la famosa fotografía de De la Rue, existen numerosos dibujos de dicho eclipse (como por ejemplo los de G. Tempel, von Feilitzsch, F.A. Oom, E.W. Murray, F. Galton o C. von Wallenberg.). En dichos dibujos llama la atención la presencia de una extraña estructura en la parte inferior derecha del dibujo. Comparándolos con observaciones modernas de la corona, parece probable que estos dibujos representen una eyección de masa coronal, una de las mayores manifestaciones de la actividad solar. En una eyección de masa coronal típica se pueden emitir al medio interestelar hasta diez mil millones de toneladas de material, y alcanzar velocidades superiores a los mil kilómetros por segundo.

### Descubrimiento del helio

Pero la observación de eclipses no solo ha propiciado el descubrimiento de estructuras de la atmósfera solar. El astrónomo francés Jules Janssen (1824-1907) detectó con un espectroscopio una línea amarilla brillante desconocida hasta ese momento (que emitía con una longitud de onda de 587.40 nanómetros) cuando estudiaba el eclipse total del 18 de agosto de 1868, en Guntur (India). Inicialmente, Janssen asumió que se trataba de una línea de sodio. Sin embargo, el 20 de octubre del mismo año, el astrónomo inglés Norman Lockyer (1836-1920) observó la misma línea estudiando el espectro solar. Dicha línea no aparecía en los catálogos espectrales terrestres, por lo que

Lockyer dedujo que se trataba de un elemento que no existía en la Tierra, y se generaba únicamente en nuestra estrella. Por esta razón, Lockyer y el ingeniero químico Edward Frankland bautizaron a este nuevo elemento con el nombre del dios griego del sol, Helios. En 1882 el helio fue observado por primera vez en la Tierra, al analizar la lava del monte Vesubio. Y años más tarde, en 1903, se encontraron grandes reservas de helio en depósitos de gas natural de EEUU, con lo que se confirmaba la existencia de este elemento en nuestro planeta.

### El eclipse que confirmó a Einstein

Probablemente el eclipse más famoso para el mundo de la física fue el que tuvo lugar el 29 de mayo de 1919. La teoría de la relatividad de Albert Einstein (1879-1955) había sido publicada pocos años antes (*Relatividad Especial* en 1905 y *Relatividad General* en 1915). Y, según las teorías de Einstein, una gran concentración de materia sería capaz de desviar la luz que pasara cerca de ella. Aplicando las ecuaciones de Einstein se deducía que los rayos luminosos rasantes a la corona solar deberían sufrir una desviación de 1.74 segundos de arco. Un eclipse total ofrecía una oportunidad magnífica para ver si el Sol efectivamente desviaba la luz de estrellas. Comparando fotografías de unas estrellas en sus posiciones reales con fotografías de esas mismas estrellas en un eclipse solar, se podría confirmar la desviación de la luz, y así corroborar la teoría de la relatividad. De esta manera, y auspiciado, entre otros, por los

astrónomos ingleses Frank Dyson (1868-1939) y Arthur Eddington (1882-1944), la *Royal Astronomical Society* financió dos expediciones para poder observar el eclipse solar total que ocurriría el 29 de mayo de 1919. Este eclipse fue visible en una estrecha franja que atravesaba Brasil, el océano Atlántico y el África Ecuatorial hasta el océano Índico. Cada una de las dos expediciones se dirigió a un punto distinto del planeta, para maximizar las probabilidades de éxito. La primera expedición fue comandada por Charles Davidson (asistente de Dyson en el observatorio de Greenwich), y observó el eclipse desde Sobral (Brasil). La segunda, comandada por el propio Eddington se dirigió a la isla de Príncipe (actualmente perteneciente a Santo Tomé y Príncipe). El eclipse tuvo una duración total de seis minutos y cincuenta y un segundos, uno de los más largos del siglo XX, y durante el periodo de totalidad se tomaron muchas fotografías. El análisis de las mismas, y la comparación de fotos de las estrellas en sus posiciones reales permitió demostrar sin ningún género de dudas que Einstein estaba en lo cierto.

### La invención del coronógrafo

Hasta el primer tercio del siglo XX la observación de la parte externa de la fotosfera y de la corona era solo posible durante los eclipses. El hecho de que los eclipses solares, aunque relativamente abundantes, sean tan breves, complejos y caros de observar (en muchas ocasiones había que organizar expediciones que daban la vuelta al globo para ello), propició entre los físicos solares la necesidad desarrollar un aparato que permitiera observar la corona solar sin necesidad de esperar a un eclipse total. Este magnífico invento llegó en 1931 de manos del físico solar francés Bernard Lyot (1897-1952), que diseñó un instrumento llamado coronógrafo. El coronógrafo es un instrumento que oculta el disco del sol, lo que permite ver la corona sin problemas (pese a que esta sea mucho menos brillante que la fotosfera). Gracias a este aparato se pudo hacer un estudio sistemático de la corona desde cualquier parte del planeta, sin tener que esperar al alineamiento de la Tierra, la Luna y el Sol, lo que daba por terminada la época de los cazadores de eclipses. A pesar de todo y, aunque científicamente no sea crucial, cada vez que se produce un eclipse solar total, astrónomos (aficionados y profesionales) de todo el mundo continúan emulando a los antiguos cazadores de eclipses, y son capaces de cruzar el globo por contemplar durante unos pocos minutos un espectáculo que se quedará en sus recuerdos para siempre.



# Las estrellas errantes de las Nubes de Magallanes

## SE HAN HALLADO UNAS ESTRELLAS QUE DEBIERON DE SER ARRANCADAS DE LA PEQUEÑA NUBE DE MAGALLANES

Por Ángel R. López-Sánchez  
Australian Astronomical  
Observatory / Macquarie  
University

**SIENDO UN ASTRÓNOMO QUE, PRIMERO COMO AFICIONADO, LUEGO COMO PROFESIONAL, CRECÍ EN EL HEMISFERIO NORTE**, cuando con veintiséis años pude disfrutar por primera vez de la espectacularidad de los cielos del hemisferio sur sencillamente lloré de emoción. Nunca jamás olvidaré esa primera visión en julio de 2003, perdido por el *outback* australiano (el interior remoto y semiárido del país), de la Vía Láctea partiendo el cielo negro como azabache en dos, con el centro galáctico en el cenit, y dos pequeñas nebulosas sobre el horizonte, flotando sobre

nuestra Galaxia siguiendo las mismas leyes físicas que hacen que el Sol y todos sus planetas se muevan dentro de este pequeño universo-isla perdido en la inmensidad del cosmos. Ha sido, y muchas veces lo he dicho, la visión más especial que he tenido del firmamento en toda mi vida.

Las Nubes de Magallanes son, de hecho, las protagonistas de esta historia. Mi camino en la astronomía, que me ha llevado a estudiar desde nebulosas cercanas a estrellas masivas del tipo Wolf-Rayet y supernovas del tipo Ia, pasando por galaxias con formación estelar cercanas y lejanas, me condujo hace unos años a participar en un programa de observación en el telescopio Anglo-Australiano (donde trabajo como astrónomo de soporte desde 2011) para entender mejor la naturaleza de estos fantásticos laboratorios estelares que son las Nubes de Magallanes.

Las Nubes de Magallanes son dos pequeñas galaxias satélite de la Vía Láctea. Son solo visibles desde el hemisferio sur porque se sitúan muy cerca del polo sur celeste. Se identifican con las siglas en inglés de Gran Nube de Magallanes (LMC, *Large Magellanic Cloud*) y Pequeña Nube de Magallanes (SMC, *Small Magellanic Cloud*). Recorrer ambos objetos con un

telescopio es una delicia: junto a la SMC aparece el brillante cúmulo globular 47 Tucanae, mientras que LMC alberga una de las regiones de formación estelar más intensa del Grupo Local de galaxias, 30 Dorado o la Nebulosa de la Tarántula. Fue también en la LMC donde explotó la famosa Supernova 1987A en febrero de 1987.

Las Nubes de Magallanes parecen dos objetos aislados pero en realidad ambos están íntimamente conectados. En 1963 se descubrió que existía un puente de material difuso conectando las dos galaxias enanas. Observaciones posteriores revelaron con bastante detalle la estructura de esta envoltura gaseosa, que recibió el nombre de Puente de Magallanes\*. El material de dicho puente ha sido arrancado de las galaxias enanas como consecuencia de interacciones entre ambas.

Sin embargo, aunque se habían detectado estrellas jóvenes creadas *in situ* dentro del gas difuso del Puente de Magallanes, no se habían detectado aún estrellas viejas “arrancadas” de alguna de las galaxias, tal y como predecían algunos modelos hidrodinámicos. Es aquí donde entran en juego las nuevas observaciones: usando el telescopio Anglo-Australiano (AAT, Observatorio de Siding Spring, Australia), de 3.9 metros y gestio-

\*No debe confundirse el “Puente de Magallanes” conectando ambas galaxias enanas con la “Corriente de Magallanes”, que es la estructura de gas que conecta las Nubes de Magallanes con la Vía Láctea.



Imágenes profundas de la Gran Nube de Magallanes (LMC, *Large Magellanic Cloud*, izquierda) y de la Pequeña Nube de Magallanes (SMC, *Small Magellanic Cloud*, derecha). Se obtuvieron desde el Observatorio de Siding Spring (Australia). La imagen de la LMC muestra la región de formación estelar 30 Dorado en un color azul brillante, mientras que la imagen de la SMC muestra el famoso y brillante cúmulo globular 47 Tucanae. Fuente: Ángel R. López-Sánchez (AAO/MQU).





Las Nubes de Magallanes sobre el Telescopio Anglo-Australiano (AAT, Observatorio de Siding Spring, Australia). La Gran Nube de Magallanes (LMC) está a la izquierda, y la Pequeña Nube de Magallanes (SMC) a la derecha. Imagen obtenida poco antes del crepúsculo matutino el 8 de septiembre de 2015. Crédito: Ángel R. López-Sánchez (AAO/MQU).

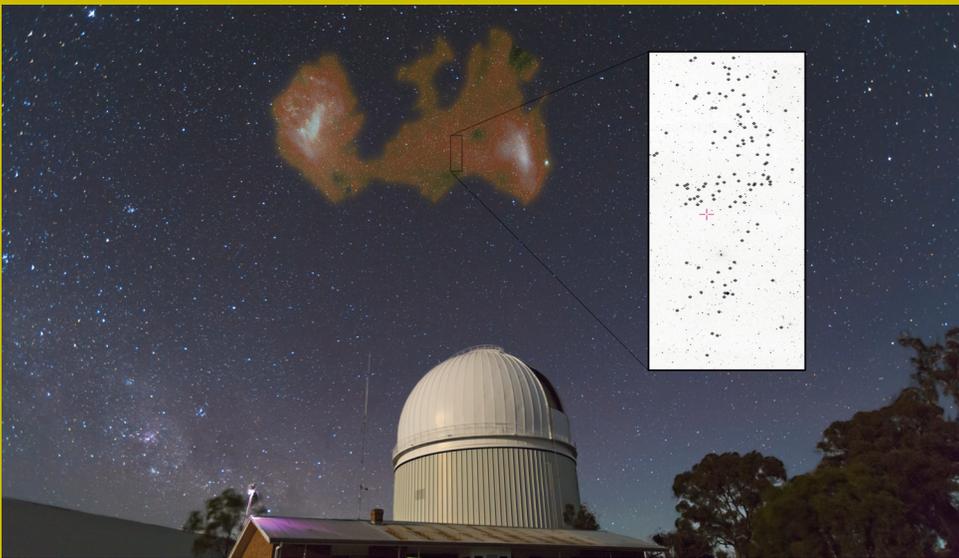


Imagen similar a la superior pero con más información sobre el descubrimiento. Superpuesto en falso color se muestra la distribución de gas atómico en ambas galaxias enanas y el Puente de Magallanes conectando las dos. El rectángulo negro indica la región del cielo explorada en las observaciones del AAT, la ampliación muestra la posición de las “estrellas perdidas” de la SMC (identificadas como puntos brillantes en imagen en escala de grises) encontradas. Fuente: Ángel R. López-Sánchez (AAO/MQU), M. Putman (Columbia, US), Leiden/Argentine/Bonn (LAB) survey of Galactic HI (Kalberla & Haud 2015) y Digital Sky Survey (DSS). Composición de la imagen: Ricardo Carrera (IAC/INAF) y Ángel R. López-Sánchez (AAO/MQU).

nado por el Observatorio Astronómico Australiano (AAO), hemos confirmado, por primera vez, la existencia de estrellas viejas en el Puente de Magallanes.

El artículo científico detallando nuestro estudio se publicó en la revista científica especializada *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, y la investigación ha estado liderada por mi colega Ricardo Carrera (INAF-Observatorio Astronómico de Pádova/Instituto de Astrofísica de Canarias), quien se puso en contacto conmigo para solicitar observaciones en nuestro telescopio.

Tras conseguir tiempo de observación en dos ocasiones (en 2015 y en 2016), usamos el instrumento 2dF en conjunción con el espectrógrafo AAOmega para conseguir datos de unas mil quinientas estrellas individuales en una zona concreta del Puente de

Magallanes en busca de esas “estrellas errantes”.

El robot 2dF, pionero en el mundo, permite observar simultáneamente cuatrocientos objetos en una región del cielo cuyo diámetro equivale al de cuatro lunas llenas. Así, es posible obtener datos de alta calidad de un gran número de estrellas en solo unas pocas noches.

Y dimos en la diana.

Las observaciones con 2dF revelaron que ciertas estrellas dentro de la región del cielo donde se halla el Puente de Magallanes se mueven de forma distinta a como lo hacen las estrellas de la Vía Láctea. No obstante, su movimiento coincide con el del Puente de Magallanes.

No solo eso: los datos obtenidos combinando los instrumentos 2dF y AAOmega en el AAT han permitido estimar que la

edad de estas “estrellas errantes” está comprendida entre los mil y los diez mil millones de años.

Pero el Puente de Magallanes se formó hace unos doscientos millones de años, mucho después que las estrellas ahora detectadas en él, por lo que en realidad esas estrellas debieron ser arrancadas de alguna de las dos galaxias (o quizás de ambas). Como ya he mencionado, los modelos dinámicos que explican la formación del Puente de Magallanes ya habían predicho que el gas debería estar acompañado por una componente estelar, con estrellas mucho más viejas que el Puente de Magallanes. Pero han sido estas observaciones las que han confirmado, por primera vez, que esto es así.

Mi gran amiga, la astrofísica Noelia Noël, investigadora de la Universidad de Surrey en Reino Unido y coautora del estudio, explica muy bien lo que está pasando: “Una gran parte del gas y de las estrellas de las Nubes de Magallanes fue *arrancada* por fuerzas de marea (las fuerzas de marea que actúan sobre las galaxias son similares a las que causan las mareas en los océanos terrestres debido a la atracción gravitatoria de la Luna). Comparando con modelos dinámicos se puede concluir que esto ocurrió hace unos doscientos millones de años, cuando las dos galaxias tuvieron un gran acercamiento entre ellas, del que nació el Puente de Magallanes”.

Pero aún hay más: los datos espectroscópicos obtenidos en el AAT también han servido para determinar la composición química de las estrellas detectadas dentro del Puente de Magallanes. Gracias a la combinación de la información sobre la composición de estas estrellas y su cinemática hemos podido determinar inequívocamente que las “estrellas errantes” que hemos encontrado se crearon en la Pequeña Nube de Magallanes hace más de mil millones de años.

Las interacciones y fusiones entre galaxias eran muy comunes en el universo primitivo, pero en la actualidad todavía son frecuentes. Tal es así que la propia evolución de las galaxias está dominada por dichos encuentros. En realidad, las interacciones entre galaxias pueden distorsionar e incluso modificar radicalmente la morfología de los sistemas involucrados. Durante estos acercamientos existe intercambio de material entre ellas, creando regiones donde se forman nuevas estrellas y arrancando, a menudo, gas y estrellas. Por eso este hallazgo y el estudio detallado de lo que sucede en y alrededor de las Nubes de Magallanes es tan importante.

# Katherine Johnson y las figuras ocultas de la NASA

“CONTABA TODO. CONTABA LOS PASOS HASTA LA CALLE, LOS PASOS HASTA LA IGLESIA, EL NÚMERO DE PLATOS QUE LAVABA... CUALQUIER COSA QUE SE PUDIERA CONTAR, YO LA CONTABA”. ESTA ES LA HISTORIA DE KATHERINE JOHNSON, UNA MATEMÁTICA Y ASTRÓNOMA AFROAMERICANA QUE AYUDÓ A LA NASA EN ALGUNOS DE LOS LOGROS MÁS IMPORTANTES DE LA CARRERA ESPACIAL

Por Miguel Ángel Pérez-Torres (Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC)

KATHERINE JOHNSON NACIÓ EN 1918 EN EL ESTADO DE VIRGINIA OCCIDENTAL Y ERA LA MÁS JOVEN DE CUATRO HERMANOS, hijos de un leñador y una maestra. Katherine mostró un precoz talento por las matemáticas, pero el condado donde vivía no ofrecía en la época escolarización a ningún niño afroamericano más allá de los catorce años, “cortesía” de las leyes de segregación racial. Pero los padres de Katherine se preocuparon de que todos sus hijos fueran a la escuela secundaria, llevándolos a Institute, una población cercana donde sí se ofrecían estudios de secundaria a niños afroamericanos. Con apenas diez años, Katherine fue admitida en la escuela secundaria, adelantándose en nada menos



que cuatro años a los estudios normales. A los catorce años entró en la universidad y en 1937, con apenas dieciocho años, obtuvo la licenciatura *summa cum laude* con el doble grado de matemáticas y francés, y enseguida encontró trabajo como profesora en una escuela pública para niños afroamericanos. Aunque Katherine se decidió a hacer una carrera como investigadora en matemáticas, tuvo que renunciar a la investigación y volcarse en su familia durante casi quince años. Los trabajos que le ofrecían eran siempre como enseñante. Finalmente, en 1952 le llegó la oportunidad de su vida: un familiar mencionó en una reunión familiar que el *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA), el ente predecesor de la NASA, estaba buscando matemáticas afroamericanas. En 1953, Katherine aceptó un puesto en el Laboratorio de Aeronáutica de Langley para trabajar en el Departamento de Navegación y Guiado. Entre 1953 y 1958, Katherine trabajó como “calculadora” (*computer*) en la sección de *Colored Computers* (literalmente, calculadoras de color). Las calculadoras eran matemáticas que se ocupaban de realizar las

tediosas, pero necesarias, operaciones con lápiz, papel y calculadoras mecánicas (recordemos que los ordenadores digitales brillaban entonces por su ausencia). En aquella época seguían vigentes las leyes de segregación racial y las calculadoras afroamericanas se vieron obligadas a trabajar y comer en sitios separados de sus colegas blancos, así como a usar aseos distintos. Katherine declararía muchos años después que “no sentía ninguna segregación. Sabía que estaba ahí, pero no la sentía”. Posiblemente esto se debiera a su carácter y su prodigioso conocimiento matemático, que hizo que Katherine fuese eventualmente “aceptada” como un científico (blanco) más. Esta aceptación llegó un día en que a Katherine se le solicitó ayuda del equipo masculino de investigación, compuesto exclusivamente por investigadores blancos. Su dominio de la geometría analítica era tal que hizo rápidamente aliados entre sus jefes y sus colegas, hasta tal punto que se olvidaron de enviarla de vuelta con las calculadoras de color. Katherine era además una persona muy asertiva, y pedía que la incluyeran en las reuniones importantes (donde



ninguna mujer había sido aceptada antes). “Yo he hecho el trabajo que me han pedido y tengo derecho a estar presente”, comentaba cuando le preguntaban. En un mundo dominado por hombres, y además blancos, se necesitan muchas agallas para actuar de este modo. A Katherine no le faltaban.

La NACA pasó a denominarse NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) en 1958, y adoptó el uso de calculadoras digitales, o sea, de ordenadores, y disolvió la sección de calculadoras de color. Con NASA también llegó, al menos formalmente, la desaparición de la segregación en las instalaciones científicas. “Necesitábamos ser asertivas como mujeres en esos días; asertivas y agresivas” declaraba Katherine Johnson. En los primeros años de la NASA, ninguna mujer podía firmar los informes científicos y tecnológicos que había realizado, fuera cual fuera su grado de implicación. Johnson fue la primera mujer en la división de Navegación espacial que firmó un informe con su nombre y apellidos.

Desde 1958 hasta su jubilación en 1986, Katherine trabajó como tecnóloga aeroespacial para la NASA. El 25 de mayo de 1961, en plena Guerra Fría con la Unión Soviética, John F. Kennedy pronunció el famoso discurso ante los miembros del congreso de los EE.UU. en el que pidió el apoyo del congreso para su solicitud de financiación para “enviar un hombre a la Luna antes de que acabe la década, y devolverlo a salvo a la Tierra”. Este fue el punto

de partida de una carrera espacial que hasta entonces había ganado la URSS a los EE.UU por goleada.

El papel desempeñado por Katherine Johnson fue crucial en muchos aspectos. Entre otras cosas, calculó la trayectoria del vuelo espacial de Alan Shepard el 5 de mayo de 1961, el primer estadounidense en llegar al espacio. La exactitud y precisión de los cálculos de Katherine eran tales, y tan reconocidos, que cuando NASA empezó a usar calculadoras electrónicas para calcular la primera órbita de un estadounidense (John Glenn) alrededor de la Tierra, el propio Glenn pidió específicamente que fuera Johnson quien comprobara los números obtenidos por el ordenador y se negó a volar a menos que ella los verificara. Solo tras la confirmación del cálculo por parte de Katherine, Glenn aceptó realizar el vuelo. Katherine Johnson también produjo cartas de navegación espacial para los astronautas, para el caso de que hubiera fallos electrónicos y tuvieran que orientarse manualmente.

Katherine Johnson trabajó más tarde con ordenadores y, precisamente por su reputación, los resultados obtenidos con los ordenadores eran validados inicialmente frente a los resultados obtenidos por Katherine. Estas habilidades le permitieron de manera natural embarcarse en el proyecto Apollo 11, que llevaría finalmente a Neil Armstrong a la Luna en 1969. A pesar de su dilatada carrera, plagada de éxitos, Katherine Johnson reconoció que se puso

nerviosa durante aquel alunizaje histórico. “Yo había hecho los cálculos y sabía que eran correctos”, explicaba, “pero podía pasar cualquier cosa”. Katherine trabajó también en la misión Apollo 13. Cuando la misión se abortó, sus cartas de navegación y sus informes de protocolos de seguridad en caso de fallos electrónicos ayudaron enormemente a que la tripulación regresara sana y salva a la Tierra.

En 2015, el presidente Obama condecoró a Katherine Johnson con la Medalla de la Libertad, la condecoración de mayor valor que puede recibir un civil en los EE.UU. Katherine Johnson es la única mujer de la NASA que la ha recibido hasta el momento. Este año, la mujer que con sus cálculos permitió ganar la carrera espacial a los EE.UU y que se enfrentó a un mundo científico dominado por hombres blancos cumplirá cien años.

#### Para saber más:

*La película “Figuras ocultas” relata de modo fiel la historia de Katherine Johnson, así como las de otras calculadoras afroamericanas como Dorothy Vaughan y Mary Jackson, quienes también estuvieron trabajando en el laboratorio de Langley durante los años de la carrera espacial. La película no solo es fiel, sino que supone la reparación al agravio que supuso mantener oculta la contribución esencial de estas mujeres en la obtención de los logros de la NASA. La película se basa en el libro del mismo título, escrito por Margot Lee Shetterly, y cuya lectura recomiendo.*

# Maria Winkelmann, una astrónoma en la sombra

POR JOSEFA MASEGOSA (IAA-CSIC)

En el siglo XVII en Alemania encontramos una mujer que, aunque olvidada generalmente por los cronistas de la astronomía, fue una avanzada para su época: Maria Winkelmann-Kirch (1670-1720). Maria nació en Leipzig y fue criada en un ambiente religioso, primero por su padre, pastor luterano, y después por su tío a la muerte de este. Ellos le inculcaron un gran amor por el conocimiento científico. Comenzó a interesarse por la astronomía de la mano del astrónomo Christopher Arnold y posteriormente con Gottfried Kirch, el astrónomo más famoso de la época en Alemania y que se convirtió en su marido a pesar de ser treinta años mayor que ella. En 1700 se trasladaron a Berlín cuando nombraron a Gottfried astrónomo oficial de la Academia de Ciencias.

Kirch siempre mantuvo que las mujeres podían realizar grandes hallazgos en la astronomía, y con Maria encontró a la ayudante perfecta para colaborar en sus observaciones y mapas astronómicos. Winkelmann pasó entonces a trabajar junto a su esposo en el observatorio astronómico de Berlín, dentro de la Academia de Ciencias, aunque nunca llegó a poseer estudios universitarios. A las mujeres en esta época no se les permitía el acceso a la universidad. Entre sus logros hay que destacar los trabajos publicados sobre conjunción de planetas y el hecho de que sea la primera mujer en descubrir un cometa, el cometa C/1702 H1. Sus investigaciones le valieron el reconocimiento de la academia de Berlín, que le concedió una medalla de oro. En lo que se refiere al crédito de sus trabajos por sus colegas fue escaso, y fueron numerosas las veces en las que su esposo tuvo que desmentir que algunos trabajos se los atribuyeran a él. Desafortunadamente para ella, las publicaciones de la época se redactaban en latín y solo dominaba el alemán, de modo que las presentaciones públicas en la academia las elaboraba su esposo.

Pero las medallas y el reconocimiento de la Academia no le sirvieron para obtener trabajo en ella a la muerte de su marido.



Solicitó ocupar su puesto pero no fue aceptada por el hecho de ser mujer a pesar de contar con el apoyo decidido del presidente de la Academia. El presidente de la Academia de ciencias y consejero de la reina Carlota, Leibniz, mantenía la gran valía de Maria Winkelman, y tal era así que Winkelman fue a la corte prusiana a explicar el avistamiento de manchas solares, y allí Leibniz comenzó su presentación de esta manera:

“Hay en Berlin una mujer en extremo docta que podría pasar por algo fuera de lo común. Sus logros no pertenecen a la literatura ni a la retórica, sino a profundas doctrinas de la astronomía (...)”

Después de una larga batalla contra la Academia, fue contratada para dirigir el observatorio privado del barón von

Krosigk. Allí entrenó a sus hijos, dos mujeres y un varón, en las artes de la astronomía y continuaron con los trabajos iniciados con su marido sobre la elaboración de calendarios. Años después volvió a la Academia como ayudante de su hijo, al que le concedieron el puesto ocupado por su padre. Se vio obligada a abandonarla más tarde para no perjudicar a su hijo ante las insistentes llamadas de atención del director por su excesivo protagonismo cuando atendía a las visitas al observatorio. Sus hijas continuaron trabajando toda su vida en la Academia como ayudantes del hermano.

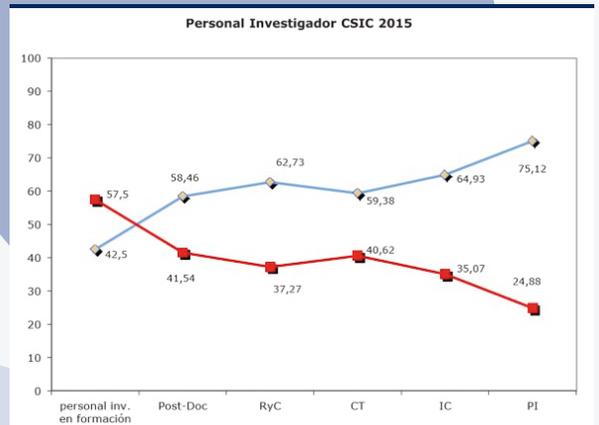
En palabras de Sandra Ferrer, “Maria Winkelmann falleció el 29 de diciembre de 1720 sin haber conseguido un reconocimiento oficial a su carrera”.

# EL DE LA DÍA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA

Aunque el número de mujeres con estudios universitarios ha crecido mucho en las últimas décadas, superando actualmente el 50% del total, la distribución por carreras es muy desigual: en particular, la presencia de mujeres en ciertas áreas científicas, como la física y las ingenierías, es muy inferior a la de los hombres. Este desequilibrio se acentúa según se progresa en la carrera investigadora. En las ramas científicas biosanitarias y en ciencias sociales, la proporción de mujeres estudiantes es mayor que la de hombres, pero igualmente la proporción disminuye notablemente en etapas posteriores

De acuerdo con un estudio realizado en 14 países, la probabilidad de que las estudiantes terminen una licenciatura, una maestría y un doctorado en alguna materia relacionada con la ciencia es del 18%, 8% y 2%, respectivamente, mientras que la probabilidad para los estudiantes masculinos es del 37%, 18% y 6%

Distribución del personal del CSIC a lo largo de la carrera científica. Este es el llamado "gráfico de tijera" en que se ve que la proporción de mujeres disminuye al subir en la escala profesional



Personal investigador en el CSIC en las distintas etapas de la carrera científica (mujeres en rojo, hombres en azul). Informe Mujeres Investigadoras CSIC 2016.

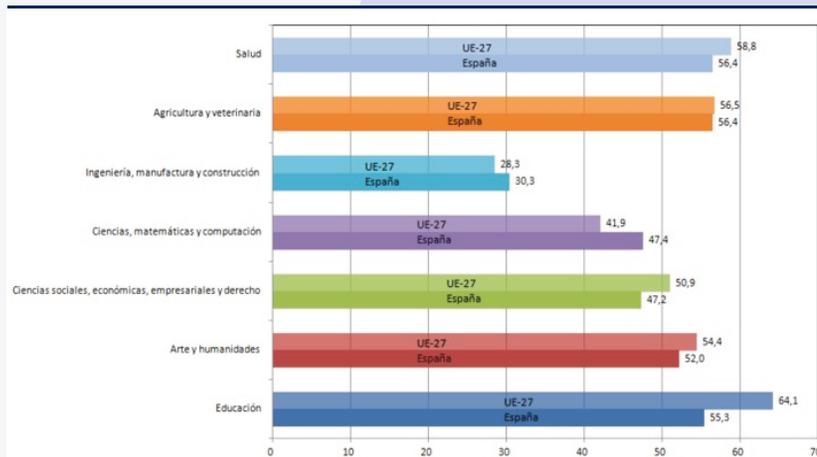
## Situación actual Datos extraídos de la web [11defebrero.org](http://11defebrero.org)

Proporción de mujeres matriculadas en diferentes carreras. Se aprecia cómo el número de mujeres en la universidad supera al de hombres pero la distribución es bastante desigual en las distintas disciplinas

	Total campos	Educación	Humanidades y Artes	Ciencias Sociales y Derecho	Ciencias y Matemáticas	Ingeniería	Agricultura y Veterinaria	Ciencias de la Salud
2007								
España	54,5 %	76,4 %	61,6 %	57,9 %	35,1 %	30,4 %	47,6 %	74,4 %
UE-15	54,2 %	75,6 %	66,4 %	55,6 %	37,7 %	25,3 %	50,9 %	70,1 %
EEUU	56,7 %	80,0 %	58,0 %	54,6 %	41,1 %	19,2 %	50,8 %	74,2 %

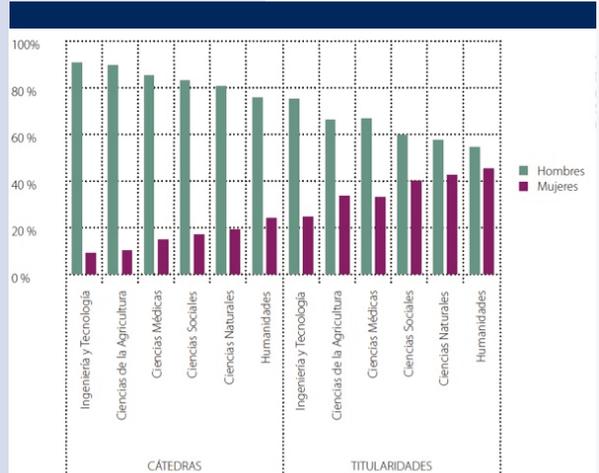
Porcentaje de mujeres matriculadas en educación universitaria por rama de conocimiento. Datos del 2007 para España, la UE-15 y Estados Unidos. Fuente: Libro Blanco.

## Proporción de tesis leídas por mujeres en 2012



Porcentaje de mujeres con tesis leídas por rama de conocimiento. Datos de 2012 para España y la UE-27. Fuente: Científicas en cifras 2013.

## Proporción de catedráticas y titulares en la universidad pública española



Cátedras y titularidades en la universidad pública española según área de conocimiento. Curso 2008-2009. Fuente: Científicas en cifras 2011

## Recomendados

Ante el problema de la desigual presencia de mujeres y hombres en ciencia, surge la cuestión de cómo atraer a las mujeres y las niñas hacia carreras científicas. Como ilustra la viñeta, una solución puede residir en eliminar el estigma de que la ciencia no es cosa de mujeres, frente a otra que consistiría en dotar a la ciencia de elementos que por lo general se relacionan con lo femenino, como hizo el anuncio de la Comisión Europea "Science: it's

a girl thing" en el que chicas con minifalda y tacones se reían solas y donde se combinaban fórmulas químicas con imágenes de polvos de colorete y pintalabios. Fue un enfoque muy criticado, porque presupone que todas las niñas y adolescentes tienen los mismos intereses y porque ofrece un concepto de las científicas disparatado. Además, los últimos estudios apuntan a que este enfoque no cumple la función deseada\* mientras que el otro,

que consiste en normalizar la presencia de las mujeres en ciencia a través del contacto con mujeres científicas, sí lo hace. Destacamos aquí algunas iniciativas que afrontan el problema de la falta de vocaciones científicas entre las niñas y adolescentes desde esa perspectiva.

\* **The Trouble with Barbie Science**

<https://www.scientificamerican.com/article/the-trouble-with-barbie-science/>

**Mujeres con ciencia** <https://mujeresconciencia.com/>

Muestra lo que hacen y han hecho las mujeres que se dedican a la ciencia y a la tecnología. Biografías, entrevistas, eventos, efemérides y todo tipo de crónicas y materiales.

**Asociación de mujeres investigadoras y tecnólogas**  
[www.amit-es.org](http://www.amit-es.org)

La asociación nació para defender los intereses y la igualdad de derechos y oportunidades de las investigadoras y tecnólogas españolas, elaborando redes, reclamando datos, organizando debates y visibilizando a las científicas y los resultados de sus trabajos.

**"Niñas que rompieron un techo de cristal mirando al cielo"** <https://vimeo.com/245007188>

Serie audiovisual que busca visibilizar el trabajo de científicas e ingenieras especializadas en astrofísica.



**#EllasSonCSIC**

<https://www.facebook.com/CSIC/>

Durante aproximadamente un mes, se difundieron a través de las redes sociales del CSIC imágenes de mujeres que trabajan en la institución y que desempeñan diferentes tareas tanto desde el laboratorio como desde la biblioteca o la administración, contribuyendo a que la ciencia llegue a la sociedad.

**Miniserie de TV "De mayor quiero ser... científica"**

[www.inibic.es/cientificasenbiomedicina/miniserieTV.html](http://www.inibic.es/cientificasenbiomedicina/miniserieTV.html)

Serie de cortos audiovisuales en los que niñas y científicas presentan perfiles de profesionales biomédicas desde lo cercano y cotidiano.

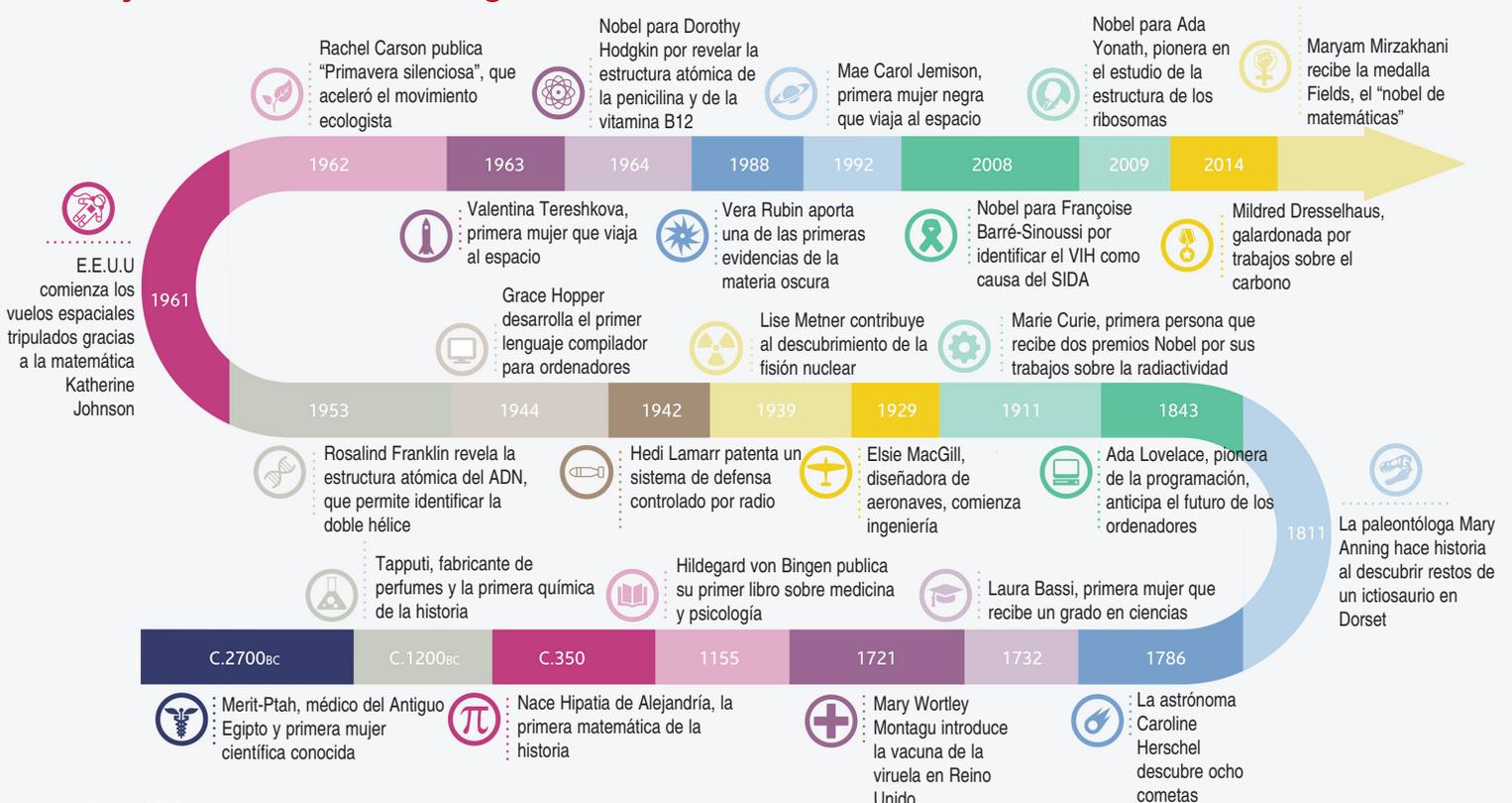


**#MujeresDivulgadoras: ciencia con voz de mujer**

<https://socialmediaeninvestigacion.com/mujeres-divulgadoras-ciencia/>

Proyecto destinado a visibilizar a las mujeres en el mundo de la ciencia, específicamente en el ámbito de la divulgación, a través de los perfiles de mujeres de distintas áreas.

## Mujer en la ciencia. Algunos hitos





el "Moby Dick" de...

...Mary Loli Martínez Aldama (IAA)

## El cuásar rebelde HE0359-3959

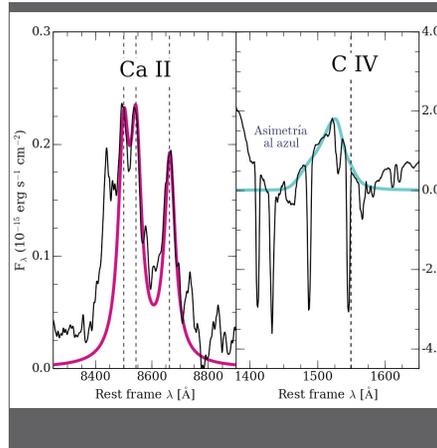


Nació en Ciudad de México en 1984. Obtuvo su doctorado en el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente realiza una estancia de investigación en el IAA, dentro del programa "Desde las bajas a las altas tasas de acreción en núcleos activos de galaxias, alimentación y retroalimentación".

Muchas veces los astrónomos tenemos que trabajar con grandes muestras de objetos para poder describir su comportamiento de forma general. Sin embargo, de vez en cuando se corre con la suerte de encontrar objetos que muestran un comportamiento diferente al de sus compañeros. Estos objetos extremos suelen minimizar o maximizar ciertas propiedades y nos hacen pasar horas revisando cuál puede ser la posible causa. En algunas ocasiones este comportamiento es debido a que durante la observación del objeto algún factor atmosférico alteró las mediciones o a que el procesamiento de los datos no se hizo de forma correcta. Si ninguno de estos factores es el responsable, entonces estamos frente a un objeto rebelde, que nos puede complicar la existencia, pero a la vez hacerla más interesante.

Cuando estaba terminando el doctorado me encontré con un cuásar extremo, HE0359-3959. Los cuásares (término que procede de su descripción en inglés, "fuentes cuasi estelares de radio") pertenecen a la familia de los núcleos activos de galaxias y básicamente son galaxias que en sus centros albergan un agujero negro supermasivo, con masas de millones de veces la masa del Sol. A las afueras del agujero negro existen nubes de gas compuestas por diferentes elementos químicos y polvo que, dependiendo de la distancia a la que se encuentren, pueden estar girando alrededor de él o son atraídas hacia el agujero negro hasta pasar a formar parte del disco de acreción. En este disco el material se convierte en energía, produciendo tal cantidad de luz que puede superar a la de todas las estrellas de la galaxia que hospeda el cuásar. Los cuásares son de los objetos más luminosos en el universo y se encuentran a grandes distancias. El más lejano de ellos se encuentra a veintiocho mil millones de años luz, cuando el universo apenas tenía un ~5% de su edad actual.

Mucha de la información de la que disponemos sobre la estructura de los cuásares la hemos aprendido gracias a la espectroscopía. Esta técnica observacional nos permite descomponer la luz que nos llega de estos objetos y estudiar la composición química y el comportamiento dinámico del gas alrededor del disco de acreción. Cada región del espectro electromagnético de un cuásar nos



da diferentes pistas sobre lo que sucede en los alrededores del agujero negro. Debido a que se encuentran a grandes distancias, para obtener buenos espectros y resultados de calidad, necesitamos telescopios de gran tamaño y espectrógrafos de alta resolución. Hasta no hace más de diez años la región espectral del infrarrojo cercano de los cuásares se hallaba casi sin estudiar y los trabajos existentes eran solo para objetos cercanos, aproximadamente a un millón de años luz. Pero con la llegada del espectrógrafo ISAAC (*Infrared Spectrometer And Array Camera*), instalado en uno de los telescopios de 8.2 metros de diámetro del *Very Large Telescope* (VLT-ESO) en Chile, logramos observar la región infrarroja de los cuásares muy distantes, entre ellos HE0359-3959. Desde el primer momento que vi el espectro supe que se trataba de un cuásar especial ya que las tres líneas del calcio dos veces ionizado (triplete de CaII) dominaban por completo la región espectral. En otros objetos las líneas del triplete del CaII se mezclan con las líneas en emisión de otros iones y todos forman un especie de montaña, pero en HE0359-3959 las líneas son muy intensas y delgadas y se pueden ver perfectamente separados los picos individuales del triplete (gráfica superior izquierda). No hemos podido observar ese efecto en ningún espectro de otro objeto hasta el momento.

### Cuásares altamente acretores

Dentro del contexto de 4D Eigenvector 1, un formalismo que propone una secuencia

evolutiva para los cuásares, a HE0359-3959 lo hemos catalogado como un cuásar altamente acretor. Esto significa que la cantidad de energía que emite el disco de acreción es tan alta que provoca que la presión de radiación generada en el disco sea mucho mayor que la fuerza gravitacional. Esto genera que grandes cantidades de material de los alrededores del disco de acreción sean expulsados hacia la galaxia anfitriona en forma de vientos. En un espectro este efecto lo vemos como una línea asimétrica hacia longitudes de onda menores, es decir, una línea con una joroba muy pronunciada hacia el lado azul (gráfica derecha). Este comportamiento lo logramos observar en la línea ultravioleta del carbono tres veces ionizado (CIV  $\lambda 1549\text{\AA}$ ), que tiene una de las asimetrías al azul más grandes que hemos encontrado.

Nuestra mayor sorpresa fue observar una asimetría en el perfil de las líneas del aluminio dos veces ionizado (AlIII  $\lambda 1860\text{\AA}$ ). Estas líneas en general son muy simétricas en los cuásares, indicando que la nube donde se emiten gira alrededor del disco de acreción. Pero en HE0359-3959, la asimetría de AlIII nos dice que la nube de gas está saliendo hacia la galaxia anfitriona, al igual que la nube de gas del CIV. A este proceso se le llama retroalimentación y es fundamental en el estudio de la evolución de galaxias a grandes distancias, porque podría ayudar a la producción de estrellas en la galaxia anfitriona.

¿Por qué HE0359-3959 tiene estas propiedades tan extremas? Aún no lo sabemos. Este cuásar pertenece a la familia de los cuásares altamente acretores que muestran propiedades semejantes, pero no tan extremas. Se ha propuesto que este tipo de objetos podrían tener un disco de acreción caliente que generaría una gran presión de radiación y por lo tanto la presencia de vientos. Actualmente grupos de España, Italia y México nos encontramos analizando una muestra de cuásares altamente acretores observados con el Gran Telescopio de Canarias en el Observatorio Roque de los Muchachos en La Palma. El análisis de estos objetos nos ayudará a entender qué le pasa a nuestro cuásar rebelde.

# Haumea, el más extraño de los compañeros de Plutón, tiene anillo

El cinturón de objetos transneptunianos alberga cuatro planetas enanos, entre los que destaca Haumea por su forma extremadamente achatada y su rápida rotación

► En los confines del Sistema Solar, más allá de la órbita de Neptuno, existe un cinturón de objetos compuestos de hielos y rocas entre los que destacan cuatro planetas enanos: Plutón, Eris, Makemake y Haumea. Este último, el más desconocido de todos, ha sido objeto de una campaña internacional de observación que ha permitido determinar sus principales características físicas. El estudio, encabezado por astrónomos del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y publicado en la revista *Nature*, desvela la presencia de un anillo en torno al planeta enano Haumea.

Los objetos transneptunianos resultan muy difíciles de estudiar debido a su reducido tamaño, a su bajo brillo y a las enormes distancias que nos separan de ellos. Un método muy eficaz pero complejo reside en estudiar las ocultaciones estelares, que consisten en la observación del paso de estos objetos por delante de las estrellas de fondo (una especie de pequeño eclipse). Este método permite determinar sus características físicas principales (tamaño, forma, densidad) y ha sido también empleado con los planetas enanos Eris y Makemake con excelentes resultados.

“Predijimos que Haumea pasaría delante de una estrella el 21 de enero del 2017, y doce telescopios de diez observatorios europeos observaron el fenómeno -señala José Luis Ortiz, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabezaba la investigación-. Gracias a este despliegue de medios hemos podido



reconstruir con mucha precisión la forma y tamaño del planeta enano Haumea, con el sorprendente resultado de que es bastante más grande y menos reflectante de lo que se pensaba. También es mucho menos denso de lo que se creía con anterioridad y esto soluciona algunas incógnitas que estaban pendientes de resolver para este objeto”.

Haumea es un objeto curioso: gira alrededor del Sol en una órbita elíptica que tarda 284 años en completar (en la actualidad se halla a unas cincuenta veces la distancia entre la Tierra y el Sol de nosotros), y su velocidad de rotación es de 3.9 horas, mucho más rápido que cualquier otro cuerpo de más de cien kilómetros de todo el Sistema Solar. Esta velocidad provoca que Haumea se deforme, adquiriendo una forma elipsoidal similar a un balón de rugby. Gracias a los datos recién observados, se conoce que Haumea mide unos 2.320 kilómetros en su lado más largo, casi igual que Plutón, pero que carece de una atmósfera global similar a la de Plutón.

## El primer objeto transneptuniano con anillo

“Uno de los hallazgos más interesantes e inesperados ha sido el descubrimiento de un anillo alrededor de Haumea. Hasta hace apenas unos años solo conocíamos la existencia de anillos alrededor de los planetas gigantes y, hace muy poco tiempo, nuestro equipo también descubrió que dos pequeños cuerpos situados entre Júpiter y Neptuno, pertenecientes a la familia de objetos denominados centauros, tienen anillos densos, lo que fue una gran sorpresa. Ahora hemos descubierto que cuerpos aún más lejanos que los centauros, más grandes y con características generales muy distintas, también pueden tener anillos”, destaca Pablo Santos-Sanz, también miembro del equipo del IAA-CSIC.

Según los datos obtenidos de la ocultación, el anillo se halla en el plano ecuatorial del planeta enano, al igual que su satélite más grande, Hi'iaka, y muestra una resonancia 3:1 con respecto a la rotación de Haumea, lo que significa que las partículas heladas que componen el

Concepción artística de Haumea con las proporciones correctas del cuerpo principal y del anillo. El anillo se encuentra a una distancia de 2287 kilómetros respecto al centro del cuerpo principal y es más oscuro que la propia superficie del planeta enano.

anillo completan un giro en torno al planeta en el tiempo en que este rota tres veces.

“Hay varias explicaciones posibles para la formación del anillo; por ejemplo, pudo haberse originado tras una colisión con otro objeto, o por la liberación de parte del material superficial debido a la rápida rotación de Haumea”, apunta Ortiz (IAA-CSIC). Se trata del primer hallazgo de un anillo alrededor de un objeto transneptuniano, y muestra que la presencia de anillos podría ser mucho más común de lo que se creía, tanto en nuestro Sistema Solar como en otros sistemas planetarios.

Silbia López de Lacalle (IAA)

# La fusión de dos estrellas de neutrones permite el primer estudio simultáneo en luz y ondas gravitatorias

Se trata de la quinta detección de ondas gravitatorias, pero la primera en la que se localiza y estudia la contrapartida en ondas electromagnéticas. Investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) han participado en varios estudios internacionales sobre el fenómeno

► Tras siglos estudiando el universo en ondas electromagnéticas –lo que llamamos luz–, la detección en 2015 de ondas gravitatorias abrió una nueva ventana al cosmos. El origen de esta nueva emisión se hallaba en la fusión de dos agujeros negros, objetos que no emiten luz y solo pueden estudiarse a través de su influencia gravitatoria. Ahora, un estudio internacional ha permitido, por primera vez, observar un objeto en luz y ondas gravitatorias: una fusión de dos estrellas de neutrones que ha inaugurado una nueva era en la observación del universo.

## Un fenómeno único

El 17 de agosto, a las 12:41:04, el instrumento LIGO detectaba el evento transitorio de ondas gravitatorias GW170817, el quinto de la historia. Dos segundos después, los satélites Fermi e INTEGRAL detectaban una explosión de rayos gamma (un GRB, de su nombre inglés), que grupos de todo el mundo comenzaron a investigar, entre ellos tres del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). Como resultado, se publicaron numerosos artículos que aportaban una completa visión del fenómeno, ocurrido en la galaxia NGC 4993, a unos ciento treinta millones de años luz. “Tras la detección de la luz óptica con

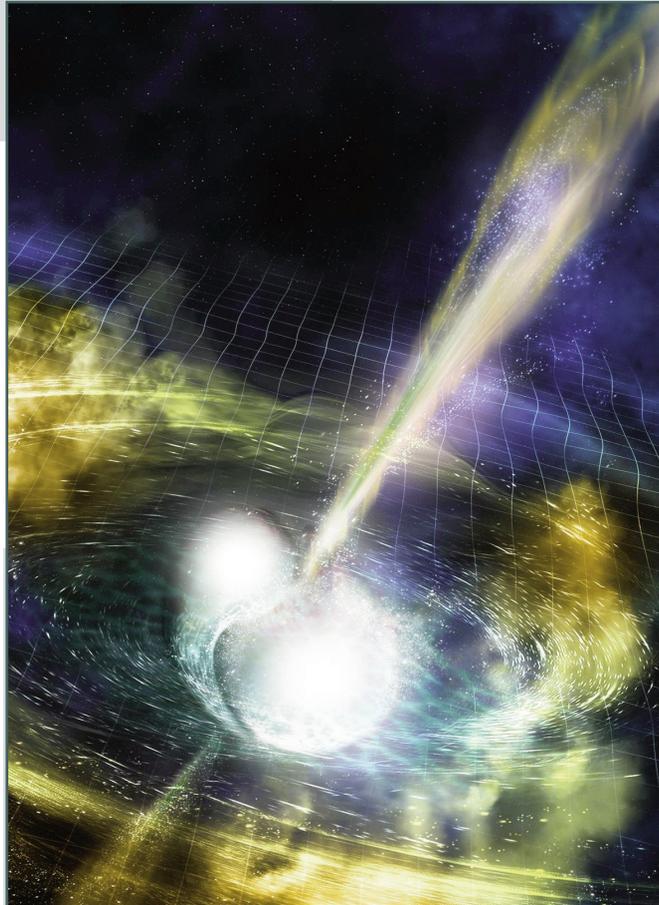


Ilustración de dos estrellas de neutrones en el momento de fusión. La cuadrícula muestra las ondulaciones en el espaciotiempo (las ondas gravitatorias), mientras que los haces de luz estrechos representan los estallidos de rayos gamma. Las nubes de material expulsado por las estrellas en la fusión brillan en varias longitudes de onda, entre ellas el visible. Fuente: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet.

el telescopio robótico Javier Gorosabel en la estación española BOOTES-5 (México), participamos en una campaña de observación que nos permitió estudiar el fenómeno durante quince días cubriendo desde el ultravioleta hasta el infrarrojo cercano -apuntaba Alberto Castro-Tirado, investigador principal del grupo ARAE (Astrofísica robótica y altas energías) del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participó en

tres artículos sobre el evento-. Así pudo identificarse la kilonova asociada con la fuente emisora de ondas gravitatorias en la galaxia NGC 4993, y cuyo origen se halla en la fusión de dos estrellas de neutrones”.

Las estrellas de neutrones son objetos muy compactos y de rápida rotación que surgen cuando una estrella muy masiva expulsa su envoltura en una explosión de supernova. “Hace casi tres décadas se predijo que una fusión de dos estrellas de neutrones produciría un estallido corto de rayos gamma (GRB), ondas gravitatorias y una kilonova, un fenómeno similar a una supernova pero cuya energía procede en parte del decaimiento de especies radiactivas. Gracias a los estudios de GW170817 ha podido confirmarse este escenario”, señala Christina Thöne, co-investigadora principal del grupo HETH (Fenómenos Transitorios

de Alta Energía y su Entorno) del IAA-CSIC que participó en seis artículos sobre GW170817.

## El origen de los elementos pesados

Este fenómeno ha permitido, además, establecer una relación clara entre la fusión de estrellas de neutrones y la producción de elementos químicos. Prácticamente todos los elementos químicos que conocemos tienen un origen astronómico, y se produjeron bien en etapas muy próximas al big bang, en las que se formaron el hidrógeno y el helio, o bien en las estrellas, tanto a través de la fusión de elementos en el núcleo (que producen carbono, nitrógeno o hierro) como a través de eventos explosivos (en los que se generan el plomo o el cobre).

Sin embargo, existen discrepancias sobre lo que se conoce como proceso-r (o proceso rápido), que tiene lugar en eventos estelares explosivos y es responsable de la producción de la mitad de los elementos más pesados que el hierro, entre ellos el uranio y el plutonio. Aunque en un principio se pensaba que eran las supernovas la fuente de estos elementos, los últimos estudios favorecían las fusiones de estrellas de neutrones como principales productoras de los elementos más pesados.

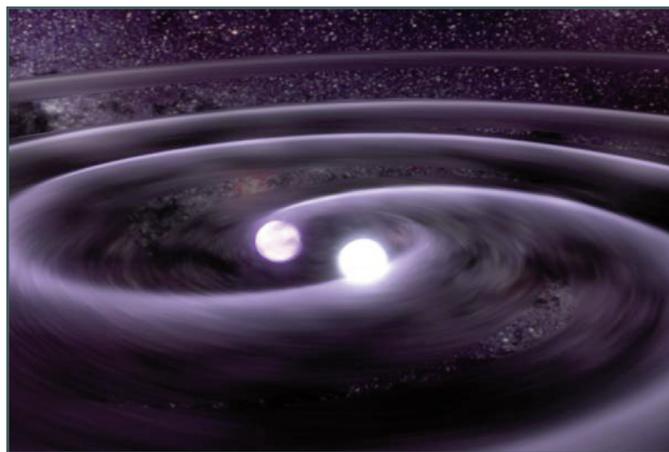
“Hemos observado lo que podría considerarse el testimonio de dos estrellas que, posiblemente, murieron hace unos diez mil millones de años, pero que nos ha permitido estudiar los elementos pesados que se forman en estos entornos y confirmar que la fusión de estrellas de neutrones constituye una de las fuentes de los elementos del proceso-r”, apunta la investigadora.

El hallazgo y estudio tanto de las ondas gravitatorias como de la luz de este fenómeno ha permitido desvelar muchos de los procesos físicos involucrados en la fusión y establecer un cuerpo de conocimiento único de un objeto celeste: las ondas gravitatorias

han revelado su masa, rotación, distancia y posición en el cielo, en tanto que las ondas electromagnéticas han permitido estudiar su entorno (una galaxia envejecida que, posiblemente, se fusionó con otra en su pasado reciente), así como la hidrodinámica y la formación de elementos en el material expulsado. Incluso, este estudio ha permitido obtener una medida independiente de la constante de Hubble, que mide la tasa de expansión del universo.

“La contrapartida electromagnética era excepcionalmente débil para un evento de este tipo, y tuvimos mucha suerte al detectarlo. Se trata, sin duda, de uno de los descubrimientos más importantes de la astrofísica de la década”, indica Antonio de Ugarte, co-investigador principal del grupo HETH del IAA-CSIC que participó en los trabajos.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía tomó parte en distintas campañas de observación de este objeto, que abarcan prácticamente todas las longitudes de onda y empleaban las instalaciones astronómicas más avanzadas,



entre ellas el European VLBI Network (a través del grupo RJB, Chorros relativistas y blázares), el telescopio espacial Hubble, el satélite Chandra o el Very Large Telescope.

#### Las ondas gravitatorias

Las ondas gravitatorias son ondulaciones en la estructura del espaciotiempo, el “tejido” que compone el universo y que podemos imaginar como una malla elástica tensada. Una malla que, ante la presencia de materia, se

curva. Esta curvatura en la geometría del espaciotiempo debido a la presencia de materia es la causante de los efectos gravitatorios que rigen el movimiento de los cuerpos (tanto el de los planetas alrededor del Sol como el de los cúmulos de galaxias).

Einstein predijo, en su teoría general de la relatividad (1916), la existencia de ondas gravitatorias, un fenómeno asociado a los objetos que generan los entornos gravitatorios más extremos, como los sistemas binarios de

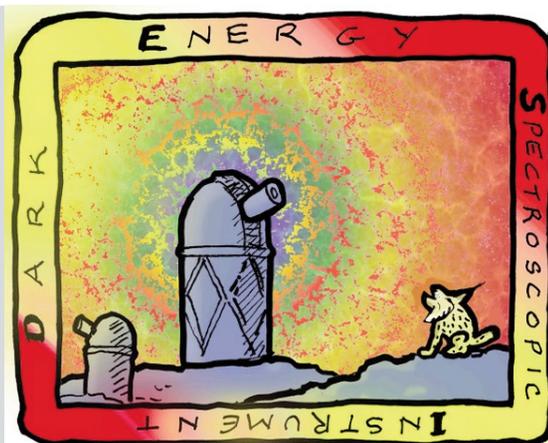
agujeros negros y estrellas de neutrones. Estos sistemas generarían distorsiones en el espaciotiempo que, al igual que las ondas que produce una piedra en el agua, se propagan desde el origen a la velocidad de la luz acarreando valiosa información sobre los objetos que producen las ondas y sobre la naturaleza de la gravedad.

En la actualidad existen dos grandes instalaciones dedicadas a la búsqueda y análisis de ondas gravitatorias, LIGO, en Estados Unidos, y Virgo, en Italia. Las dos primeras detecciones de ondas gravitatorias fueron realizadas por LIGO, en tanto que la tercera fue fruto de la colaboración LIGO-Virgo. “Ahora, el reto se centra en sumar más detecciones de fuentes de ondas gravitatorias, pero también de hallar sus contrapartidas luminicas. En este sentido, mi grupo de investigación en el IAA ha firmado un acuerdo de colaboración único en España para detectar estas contrapartidas”, señala Alberto Castro-Tirado (IAA-CSIC).

Silbia López de Lacalle (IAA)

## El Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) investigará la naturaleza de la energía oscura

► Este mes de febrero tuvo lugar la evaluación de la fase de construcción del espectrógrafo DESI, que permitirá medir el efecto de la energía oscura en la historia de expansión del universo. DESI obtendrá espectros para decenas de millones de galaxias y cuásares, construyendo así un mapa tridimensional que abarca desde el universo cercano hasta 10000 millones de años luz. DESI se instalará en el telescopio Mayall de 4 metros en el Observatorio Nacional Kitt Peak y comenzará a tomar datos a partir de 2019. DESI investigará la naturaleza de la energía oscura usando las medidas de las oscilaciones acústicas de bariones. El IAA ha contribuido al diseño y construcción de los prototipos del robot posicionador de fibra óptica y de la placa focal, y lidera el grupo Granada-Madrid-Tenerife en la colaboración DESI.

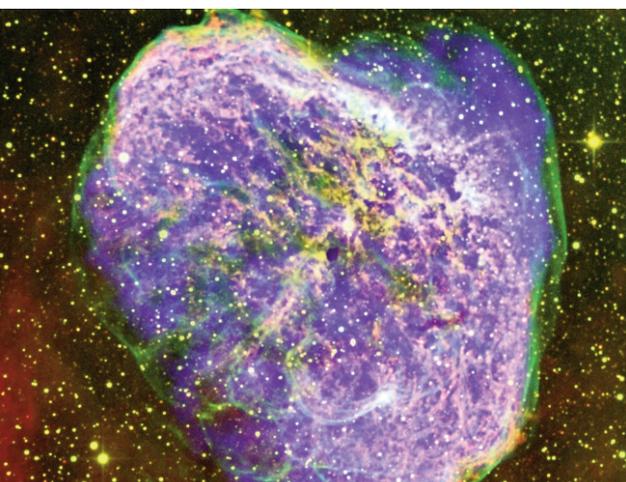


## La nebulosa creciente

► La imagen, obtenida por un grupo de investigadores encabezado por IAA, muestra la estructura detallada de la Nebulosa Creciente, o NGC6888, que rodea a WR136, una estrella que comenzó su vida con unas veinticinco veces la masa del Sol y que ahora se halla en una fase avanzada, la de gigante roja.

WR136 arrojó un caparazón de material cuando, hace unos doscientos mil años, se convirtió en una estrella gigante roja. Los vientos rápidos emitidos recientemente han colisionado con ese material, provocando que los gases de la burbuja se calienten y emitan rayos X (en azul en la imagen). También se pueden ver otras características, como la región en la que el viento de la estrella interactúa con el medio interestelar circundante, y que aparece en verde en la imagen. Las diferencias de densidad en el material circundante pueden dar lugar a las diferentes estructuras, como el segmento de burbuja extendida hacia la parte superior derecha.

La estrella probablemente terminará su vida en una violenta explosión de supernova.





Concepción artística de los anillos de polvo de Próxima Centauri. Fuente: ESO/M. Kommesser

# Descubiertos los restos de la formación de un sistema planetario en torno a la estrella más cercana

Investigadores del IAA han descubierto un cinturón de polvo alrededor de Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol, mediante observaciones con el interferómetro ALMA. Semejante al Cinturón de Kuiper de nuestro Sistema Solar, representa el hallazgo de material remanente de la formación del sistema planetario más próximo al nuestro

► Próxima Centauri es la estrella más cercana al Sol. Se trata de una débil enana roja que se encuentra a tan solo cuatro años luz, en la constelación del Centauro. Orbitando a su alrededor se encuentra Próxima b, un exoplaneta templado del tamaño de la Tierra descubierto en el año 2016 y que constituye el planeta extrasolar más cercano. Pero en este sistema hay algo más que un solo planeta: observaciones realizadas con el interferómetro ALMA, situado en el desierto de Atacama (Chile), revelan la emisión de frías nubes de polvo que rodean a la estrella.

“Tras la detección del planeta Próxima b, el descubrimiento de polvo alrededor de Próxima es el primer indicio de que existe un complejo sistema planetario alrededor de la estrella más cercana a nuestro Sol”, explica con respecto a la importancia del descubrimiento Guillem Anglada, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y primer autor del trabajo.

Estos cinturones de polvo están compuestos por el material sobrante de la formación planetaria. Principalmente, son partículas de hielo y roca con tamaños que van desde granos de polvo de menos de un milímetro hasta cuerpos similares a los asteroides de varios kilómetros de diámetro. Parte de este material parece encon-

trarse distribuido en un cinturón que se extiende a unos pocos cientos de millones de kilómetros de Próxima Centauri y que presenta una masa total de aproximadamente una centésima parte de la terrestre. Además, se ha estimado que tiene una temperatura de aproximadamente 230 grados bajo cero, la misma que la del Cinturón de Kuiper, una estructura similar situada en nuestro Sistema Solar exterior.

## Otro cinturón aún más externo

Pero este no es el único cinturón de polvo que parece rodear a nuestra estrella vecina. Los datos de ALMA muestran indicios de otro posible cinturón de polvo alrededor de Próxima Centauri, diez veces más alejado y

mucho más frío que el primero.

De confirmarse, la naturaleza de este cinturón exterior resultaría intrigante ya que se encuentra en un entorno muy frío y lejano de una estrella que ya de por sí es más fría y mucho más débil que el Sol. En cualquier caso, ambos cinturones se sitúan mucho más lejos de Próxima Centauri que su planeta Próxima b, que orbita a unos cuatro millones de kilómetros de su estrella.

“Este resultado sugiere que Próxima Centauri podría contener un sistema múltiple de planetas con un rico pasado en interacciones que dieron lugar a la formación de uno o varios cinturones de polvo. Estudios más profundos proporcionarán más información para localizar la ubicación de estos planetas adicionales que todavía no han sido identificados”, indica Guillem Anglada (IAA-CSIC).

Pero este sistema planetario de Próxima Centauri es además especialmente interesante ya que hay planes para una futura exploración

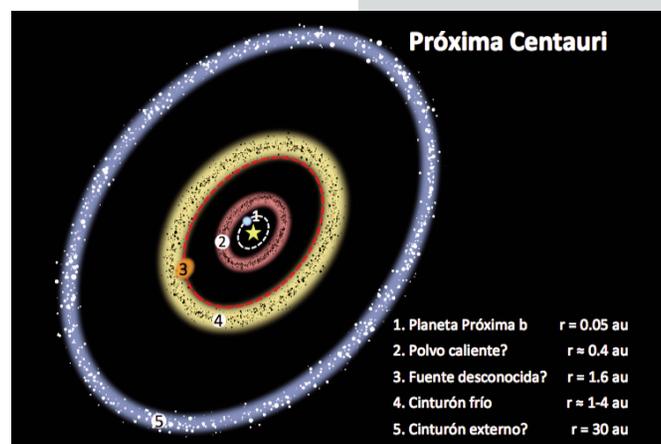
directa con microneves espaciales dotadas de velas impulsadas por láser (el proyecto Starshot). Conocer el entorno de polvo que rodea a la estrella es esencial para la planificación de este tipo de misiones.

El coautor del trabajo, Pedro Amado, también del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), explica que esta observación es solo el comienzo: “Estos primeros resultados muestran que ALMA puede detectar estructuras de polvo en órbita alrededor de Próxima. Observaciones de mayor resolución nos darán más detalles de su posible sistema planetario. Combinándolas con el estudio de discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes, podremos desvelar muchos de los detalles de los procesos que condujeron a la formación de la Tierra y del Sistema Solar hace unos 4.600 millones años. ¡Lo que estamos viendo ahora es solo una pequeña parte de lo que está por venir!”.

## Un estudio multidisciplinar

De hecho, estos son los primeros resultados de un proyecto más ambicioso, diseñado conjuntamente por varios departamentos del Instituto de Astrofísica de Andalucía para caracterizar las condiciones del sistema planetario de Próxima Centauri. “Estamos combinando nuestros conocimientos sobre el Sistema Solar, sobre física estelar, y sobre la formación de discos alrededor de estrellas, así como nuestra experiencia con diferentes técnicas de observación para obtener la imagen más completa posible sobre el sistema planetario más próximo al nuestro”, concluye Antxon Alberdi, coautor del trabajo.

Esquema de las estructuras de polvo observadas en Próxima Centauri.



# Las superficies iluminadas artificialmente aumentan más de un 2% al año

Entre 2012 y 2016 la iluminación artificial nocturna ha aumentado un 9,1%, a pesar del uso de sistemas de iluminación más eficientes

► La preocupación por la contaminación lumínica surgió en el ámbito astronómico, porque perjudica las observaciones, pero en la última década han proliferado estudios que relacionan el exceso de iluminación nocturna con problemas en nuestra salud y con perjuicios en los ecosistemas que, sumados al derroche energético, muestran la importancia de regular la iluminación artificial. Un estudio a largo plazo publicado en *Science* revela un claro aumento de las superficies iluminadas a nivel mundial. Este aumento, de un 2,2% anual tanto en extensión como en intensidad, tiene lugar en un momento de transición a sistemas de iluminación LED, más capaces de reducir la emisión al espa-

cio y su intensidad a demanda. “Los LED aún no están ayudando a reducir de manera global la contaminación lumínica y puede que estén ayudando a incrementarla”, indica Alejandro Sánchez de Miguel, investigador del IAA-CSIC que participa en la investigación.

Este efecto rebote tiene antecedentes históricos, en los que el aumento de la eficiencia en la iluminación y la reducción de su coste generan un aumento del consumo en lugar de un descenso (comienzan a iluminarse regiones oscuras o se programa el alumbrado desde el atardecer). El constante

aumento de la iluminación nocturna ha ocasionado que la mitad de Europa y un cuarto de Norteamérica sufran una “pérdida de la noche” generalizada, con la consiguiente modificación de los ciclos día y noche.

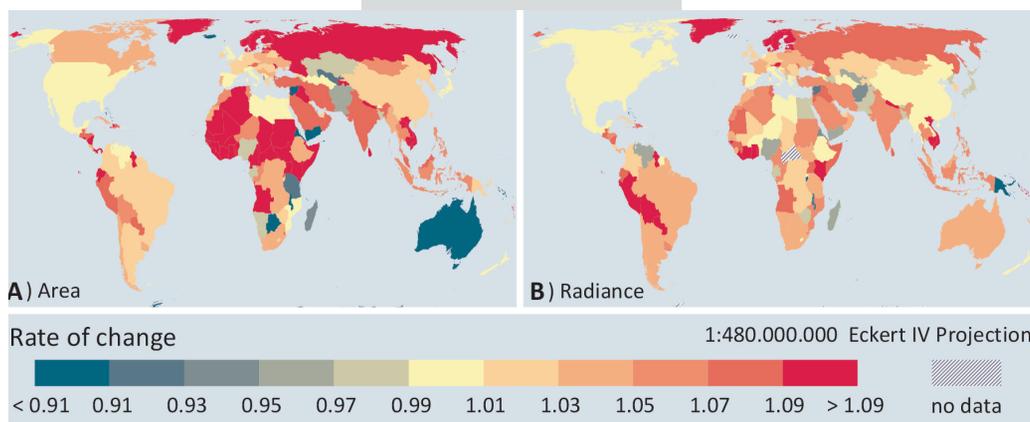
Los resultados del estudio muestran un aumento de la iluminación en América del Sur, Asia y África, el descenso en ciertas regiones, entre ellas las que sufren conflictos armados, como Siria o Yemen, y el estancamiento en países

Cambios anuales medios en la superficie iluminada artificialmente y en el brillo de las zonas con iluminación estable.

como Estados Unidos, Italia o España, los más iluminados a nivel mundial.

“En el caso de España, hemos visto que desde 2012 se ha estabilizado pero no ha decrecido la contaminación lumínica. Vemos que en algunas grandes ciudades como Madrid el satélite recibe menos señal, pero eso se debe a una limitación del mismo para detectar la luz azul, que es intrínsecamente más contaminante”, explica Alejandro Sánchez de Miguel (IAA-CSIC).

En un plazo medio, parece que la iluminación artificial seguirá en aumento, erosionando las regiones de la Tierra que todavía experimentan ciclos naturales de día y noche. Un dato preocupante, porque la contaminación lumínica amenaza al 30% de los vertebrados y al 60% de los invertebrados nocturnos, tiene efectos sobre la fauna, flora y los microorganismos y cada vez más estudios señalan su impacto en la salud humana. **S.L.L (IAA)**



# CARMENES descubre su primer planeta

Investigadores del IAA han coliderado el hallazgo del planeta HD 147379 b, con una masa ligeramente superior a Neptuno, que orbita una estrella muy próxima

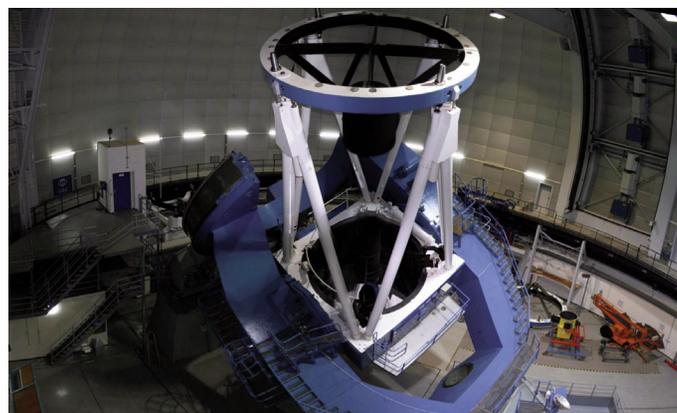
► El proyecto CARMENES, impulsado por un consorcio de once instituciones alemanas y españolas y coliderado por el IAA-CSIC, ha descubierto su primer planeta fuera del Sistema Solar desde el telescopio de 3,5 metros del Observatorio de Calar Alto en Almería.

El instrumento ha observado una estrella enana muy próxima y la mitad de masiva que el Sol, en torno a la cual orbita un planeta bautizado como HD 147379 b, ligeramente más masivo que Neptuno. Este exoplaneta completa su órbita cada ochenta y seis días a una distancia de solo una tercera parte de la que separa la Tierra del Sol. El planeta se encuentra, por tanto, dentro de la denominada zona de habitabilidad, es decir, la región en torno a una estrella donde las condiciones permiten la existencia de agua líquida. Los datos disponibles apuntan a que probablemente carece de superficie sólida.

## Primeros resultados

En octubre de 2017 se publicaban los primeros resultados del instrumento,

que analizaban varios sistemas planetarios conocidos y probaban su excelente rendimiento.



CARMENES observaba, a lo largo de quince meses, siete sistemas planetarios estudiados con HIRES y HARPS, dos instrumentos de vanguardia en la búsqueda de planetas extrasolares. Los datos de CARMENES han permitido afinar nuestro conocimiento sobre estos sistemas, cinco de ellos con un único planeta conocido (GJ 15 A, GJ 176, GJ 436, GJ 536 y GJ 1148) y dos con varios (GJ 581 y GJ 876).

CARMENES no ha hallado ningún indicio de la existencia de un planeta en torno a GJ 15A y atribuye la señal obtenida por HIRES -que se interpretó como un planeta de baja masa que giraba en torno a su estrella cada 11,4 días- a la actividad de GJ 15A. Sin embargo, sí ha hallado en esta estrella un posible candidato a planeta, con un periodo orbital de 7.026 días y una masa mínima cincuenta veces mayor que la de la Tierra.

Igualmente, los datos de CARMENES han confirmado la existencia de un planeta en torno a GJ 1148, con una masa mínima de unas noventa veces la terrestre, así como de un compañero cuyos parámetros orbitales se desconocían. CARMENES ha aportado la configuración orbital del sistema y lo ha confirmado como sistema planetario múltiple.

“En este trabajo comparamos el

canal visible con los instrumentos de su tipo más precisos existentes, y demostramos que nuestro instrumento está en la primera división a nivel mundial, y que alcanza la precisión necesaria para detectar planetas rocosos templados en órbita alrededor de enanas rojas”, concluye Pedro J. Amado, astrónomo IAA-CSIC y co-investigador principal del instrumento CARMENES.

## Una biblioteca de historias galácticas a partir del movimiento de sus estrellas

Gracias al sondeo CALIFA se han completado mapas del movimiento de las estrellas de una muestra de trescientas galaxias

► Del mismo modo que el Sol se mueve alrededor del centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea, todas las estrellas en las diferentes galaxias se mueven en órbitas: algunas muestran rotaciones muy rígidas, en tanto que otras pueden moverse más aleatoriamente sin una rotación clara. Y, comparando la fracción de estrellas con distintos tipos de órbitas, podemos conocer cómo sus galaxias nacieron y evolucionaron. Ahora, un grupo internacional de astrónomos ha obtenido, por primera vez de forma directa, la distribución orbital de una muestra de más de trescientas galaxias del universo local. Los resultados se basan en el sondeo CALIFA, un proyecto desarrollado desde el Observatorio de Calar Alto que fue concebido desde el IAA-CSIC.

Las galaxias son las estructuras más grandes del cosmos, y su estudio permite comprender la historia del universo. La formación de galaxias implica el ensamblaje jerárquico de halos de materia oscura (un tipo de materia que no se ha observado directamente y cuya existencia y propiedades se deducen de sus efectos gravitacionales), junto con la condensación



Muestra de galaxias de CALIFA.

de materia normal en el centro de los halos, donde se forman las estrellas. Las estrellas que se forman a partir de un disco de gas estable y que permanecen sin sobresaltos dinámicos presentarán órbitas casi circulares, mientras que las estrellas con movimientos aleatorios son el resultado de entornos turbulentos, ya sea al nacer o después, debido a las fusiones galácticas. Por lo tanto, el movimiento de las estrellas es como un libro de historia, que registra la información sobre el entorno en el que nacen y crecen, y puede decirnos cómo se formó la galaxia que las alberga. “Sin embargo, el movimiento de cada estrella individual no es directamente observable en otras galaxias. Las galaxias externas se proyectan en el plano de observación como una imagen y no podemos resolver las estrellas discretas en él -apunta Ling Zhu, investigadora del Instituto Max Planck de

Astronomía que encabeza el estudio-. CALIFA utiliza una técnica recientemente desarrollada, la espectroscopía de campo integral, que puede observar las galaxias externas de tal manera que proporciona el movimiento total de las estrellas. Por lo tanto, podemos obtener mapas cinemáticos de cada galaxia”.

### Biblioteca de historias

Los investigadores construyeron modelos para cada galaxia superponiendo las estrellas en diferentes tipos de órbitas y, al restringir el modelo con la imagen observada y los mapas cinemáticos, pudieron determinar la cantidad de estrellas que se mueven en diferentes tipos de órbitas en cada galaxia, lo que se conoce como distribución de órbitas estelares. El equipo ha construido modelos para trescientas galaxias, representativas de las propiedades generales de las galaxias en el universo local.

Los mapas muestran cambios en la

distribución de las órbitas en función de la masa estelar total de las galaxias. Las órbitas de rotación ordenada son más abundantes en las galaxias con masas estelares totales de diez mil millones de masas solares, y menos frecuentes para las más masivas. Las órbitas de movimiento aleatorio, como era de esperar, dominan las galaxias más masivas (con más de cien mil millones de masas solares). “Esta es la primera secuencia de masas basada en la órbita en todos los tipos morfológicos. Incluye información valiosísima sobre el pasado de cada galaxia y nos muestra si ha sido una sucesión tranquila de fusiones galácticas o si tomó forma mediante una fusión violenta mayor”, señala Glenn van de Ven (ESO).

Los investigadores han hallado un método nuevo y preciso para leer la historia de una galaxia, y su estudio con sus conjuntos de datos para trescientas galaxias constituye la mayor biblioteca de historias de galaxias.

“Este trabajo pone de relieve la importancia de la espectroscopía de campo integral y en particular de los muestreos a gran escala como los del proyecto CALIFA. La contribución significativa de lo que llamamos órbitas *calientes*, una mezcla de rotación y movimientos aleatorios de la componente estelar, plantea importantes retos a los modelos cosmológicos de formación y evolución de galaxias”, apunta Rubén García Benito, investigador del IAA-CSIC que participa en el proyecto.

# SALA limpia

por Miguel Abril (IAA)



## la respuesta:

### ¿Qué hay que tener para poder pilotar un dron?

- a) Sentido común.
- b) La a) más un carnet de piloto de drones.
- c) La a) más la b) más un carnet práctico del tipo de dron que queremos pilotar.
- d) Nada. La a) es para pusilánimes.

Hay que ver lo rápido que cambian las cosas en esto de las nuevas tecnologías. Sin ir más lejos, la última revisión en normativa de drones no tiene, en el momento de escribir estas líneas, ni dos semanas de vida. En ella se autoriza a volar drones en algunas condiciones que antes no estaban permitidas, tales como por encima de núcleos urbanos, de noche o en la proximidad de espacios aéreos controlados (aeropuertos). Para ello es necesario sacarse una licencia más un carnet práctico del tipo de dron que se va a pilotar. Ahora bien, eso es en el caso de que se quiera volar drones con fines profesionales. En el caso de hacerlo sólo para pasar el rato no es necesaria licencia, si bien no se podrá volar en las condiciones especiales especificadas antes. Por tanto, de las cuatro posibles respuestas hay tres correctas: la c) si se pretende volar drones a nivel profesional, y la a) o la d), según tu grado de enajenación mental, para hacerlo por pura diversión.

Pero, ¿por qué están tan de moda los drones? Para empezar, matan muy bien. Es triste decirlo así, pero la realidad es que el mercado militar mueve el mundo. Seguramente la primera vez que muchos de los que leéis esto oísteis hablar de drones fue en alguna imagen del telediario, en la que aparecían unos aviones grises cargados de bombas y misiles, que tenían algo raro y no sabíais muy bien qué era. Al fijaros mejor descubristeis que la cabina no era transparente sino opaca, como si estuvieran pensados para ser pilotados por un maestro Jedi o por Stevie Wonder. Pues bien, esos grandes drones, como el famoso Predator y sus sucesores Reaper y Avenger, constituyen en la actualidad

una de las mayores fuerzas de vigilancia y combate de los ejércitos más avanzados del mundo. Y seguramente en el futuro tomarán cada vez más importancia, gracias a las dos grandes ventajas que ofrecen: son mucho más baratos que un avión militar convencional y no ponen en riesgo la vida de un piloto, que aparte de ser un chavalote estupendo de Wisconsin o Novosibirsk, ha supuesto una elevada inversión en tiempo y dinero. Del orden de millones de dólares, euros, rublos o créditos galácticos estándar,



según el contexto. Sin embargo, las capacidades militares de los drones no se limitan, ni mucho menos, a eso. En YouTube puede encontrarse fácilmente un video reciente de una presentación de unos minidrones con capacidades peculiares. Para empezar, son operados exclusivamente por inteligencia artificial, por lo que una vez liberados en un entorno no requieren ninguna interacción humana. Cuentan con una carga explosiva de apenas tres gramos, pequeña pero suficiente para perforar un cráneo y su correspondiente cerebro. Para saber a qué cabeza hay que apuntar cuentan con reconocimiento facial, así que sus blancos se eligen durante la etapa previa de configuración, a partir de una base de datos con imágenes de terroristas, traficantes o vecinos que hacen ruido. Por si todo esto no diera bastante miedo, la inteligencia artificial los dota de un movimiento estoicástico que asemeja su vuelo al de

una libélula y los hace prácticamente imposibles de ser derribados por un francotirador. Lo tienen todo pensado, los muy cadrones. En el sorprendente video se utiliza un solo dron, pero mucho más impresionante sería una operación real, que se basaría en el despliegue de un ejército de estos dispositivos operando conjunta y coordinadamente. Así se podría eliminar, selectivamente y sin las molestias de escombros que dejan las armas nucleares, a la población de, pongamos, media ciudad. “La mitad mala”,

dice orgulloso el presentador. Vale, pero, ¿quién decide cuál es la mala? En lugar de con un padrenuestro, la demostración del video termina con un atronador aplauso. Es lo que tienen los congresos de armas, que la gente se viene arriba con estas cosas. No obstante, no hay que dejarse llevar por esas terroríficas prestaciones para forjarse una opinión sobre los drones. En palabras de un gerifalte de los laboratorios GRASP, de la Universidad de Pennsylvania, que de esto entiende un rato: “Cualquier tecnología puede ser usada para fines militares, lo cual lleva a no preocuparse de dónde se va a utilizar, ya que de lo contrario no se investigaría nunca sobre nada”. Más bien hay que mirar más allá y pensar en el inmenso abanico de aplicaciones fascinantes que una tecnología así permite. Aparte de sacar imágenes preciosas en eventos deportivos, reportajes de boda o documentales de La 2, los dro-

nes se están utilizando ya en variadas aplicaciones como la vigilancia aérea de fronteras y zonas sensibles a robos, grandes zonas agrícolas y cosechas, incendios forestales (mediante cámaras convencionales e infrarrojas), caza y pesca furtiva, vertidos ilegales, tráfico marítimo y contrabando o detección de bancos de peces como apoyo a la pesca. En construcción se utilizan para la comprobación de defectos estructurales y vigilancia de líneas de alta tensión, gasoductos y puentes, así como en la inspección de edificios e infraestructuras en accidentes y catástrofes. A la capacidad de alcanzar lugares inaccesibles para las personas se une la posibilidad de moverse en ambientes tóxicos o radiactivos sin arriesgar vidas humanas. En investigación algunas de las aplicaciones son la localización de yacimientos arqueológicos o paleontológicos y estructuras enterradas en el subsuelo, la detección de polución y su neutralización mediante agentes dispersantes o la investigación meteorológica. Otras aplicaciones más exóticas incluyen ahuyentar aves en los aeropuertos para reducir el riesgo de colisión con los aviones (por cierto, ¿por qué los motores de los aviones no tienen una rejilla antipájaros, igual que la que se pone en los huertos para que no entren los conejos? ¿No se le ha ocurrido a nadie? ¿Es que lo tengo que hacer yo todo?) o repartir paquetes a domicilio, aplicación esta última que a pesar de haber sido probada con éxito por Amazon no puede implementarse de momento por problemas de seguridad al volar sobre ciudades. Bueno, por eso y porque algún que otro dron les desaparecería sospechosamente en manos de algún usuario despistado que confundiera el paquete con el mensajero. Igual en Noruega no, pero aquí...

## la pregunta:

No pregunta STOP no espacio STOP editora regaña STOP próximo número: ciborgs y exoesqueletos END

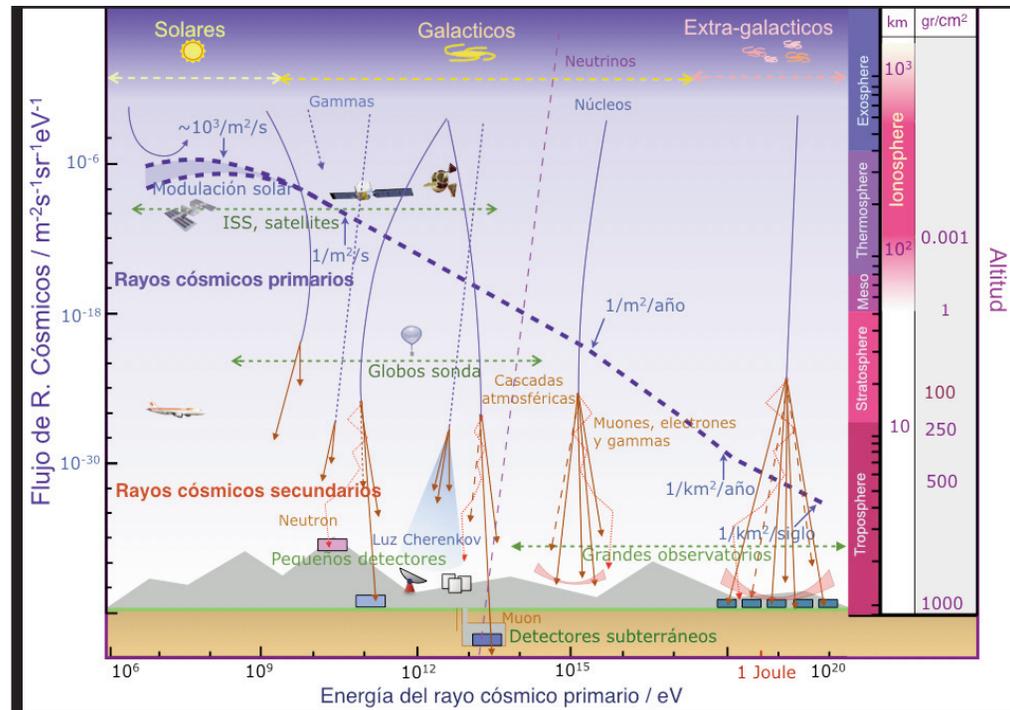
# LOS RAYOS CÓSMICOS: UNA NUEVA VENTANA AL UNIVERSO

## Pilares científicos

Los rayos cósmicos son partículas subatómicas de gran energía, en su mayor parte protones y núcleos atómicos, que inciden sobre la Tierra provenientes del espacio. Los descubrió el científico austriaco Victor F. Hess a partir de medidas realizadas en varios viajes en globo entre 1911 y 1913. Hess observó que el contenido de iones en la atmósfera crecía a partir de cierta altura, lo que evidenciaba la llegada de una radiación ionizante externa. También probó su origen no solar, repitiendo las medidas durante un eclipse de Sol. Por este descubrimiento recibió el Premio Nobel de Física en 1936, compartido con Carl D. Anderson, que más tarde descubriría el positrón (la antipartícula del electrón), también en experimentos con rayos cósmicos.

La composición de los rayos cósmicos es, en general, muy parecida a la media del Sistema Solar. Dominan los protones, hasta casi un 89%, y los núcleos de helio, aproximadamente un 10%, siendo el resto núcleos de todos los demás elementos estables conocidos, hasta el uranio. En comparación con la composición del Sistema Solar, se observa un cierto exceso de los núcleos próximos al carbono, como el litio, el berilio y el boro, así como de los próximos al hierro. Dichos elementos no se producen en los procesos de nucleosíntesis en el interior de las estrellas; su presencia es debida a procesos de astillamiento (*spallation*) de los muy abundantes núcleos de carbono y de hierro al impactar con la materia interestelar, proceso por el cual pierden algunos nucleones dando lugar a núcleos más ligeros. Entre los rayos cósmicos también hay una pequeña proporción de electrones y de antimateria, principalmente positrones y antiprotones.

Al incidir en la atmósfera terrestre, los núcleos de más energía generan una cadena de reacciones nucleares que producen hasta miles de millones de partículas, los llamados rayos cósmicos secundarios, capaces de llegar hasta la superficie terrestre en forma de cascadas atmosféricas. En estas dominan los muones, una partícula fundamental inestable que puede penetrar hasta varios kilóme-



tros de profundidad en la corteza terrestre. En dichas cascadas también se producen electrones, positrones y fotones de muy alta energía (rayos gamma), además de protones y neutrones.

**ENERGÍAS DE LOS RAYOS CÓSMICOS.** Los núcleos presentes en los rayos cósmicos muestran un amplio espectro de energía cinética, que llega a superar varios órdenes de magnitud las energías alcanzables hoy en día en los más potentes aceleradores de partículas, aunque su intensidad decrece muy rápidamente con la energía. Los rayos cósmicos más energéticos que se han medido alcanzan una energía (por partícula) de alrededor de  $3 \times 10^{20}$  eV ( $\sim 50$  julios), equivalente a la energía cinética de una pelota de tenis o de golf lanzada a unos ciento cincuenta kilómetros por hora.

La imagen superior muestra el flujo de rayos cósmicos que incide sobre la atmósfera terrestre y un resumen de su origen y de los principales métodos de detección, así como su tasa de llegada a la atmósfera terrestre. A partir de una cierta energía, su tasa de llegada es tan pequeña que no se pueden medir directamente y sus propiedades (dirección, energía y masa) deben estimarse indirectamente a partir de las cascadas, medidas con grandes redes de detectores ins-

talados en tierra. Hoy día se tiene evidencia de que gran parte de ellos tiene su origen en nuestra galaxia, en la que han quedado atrapados debido a su campo magnético. A partir de una cierta energía su origen parece ser extragaláctico.

El Sol también emite un flujo continuo de partículas cargadas eléctricamente que se denomina viento solar, que es básicamente la corona solar en expansión (protones, núcleos de helio y electrones), y del que estamos protegidos por la magnetosfera terrestre. Las partículas del viento solar, de energía muy inferior a la de los rayos cósmicos de origen galáctico o extragaláctico, interactúan con los átomos y moléculas de la atmósfera dando lugar a las auroras boreales y australes. Ocasionalmente (unas diez veces por década), fenómenos violentos en la corona solar asociados al campo magnético pueden dar lugar a emisiones con energía suficiente para vencer el campo magnético terrestre y llegar a la superficie provocando aumentos repentinos en las tasas medidas en el suelo.

Además del interés que suscitan los rayos cósmicos desde el punto de vista fundamental, su largo viaje hasta nuestro planeta abre otros campos de interés en física: el estudio del campo magnético interplanetario, la actividad solar, la predicción de tormentas magnéticas o la

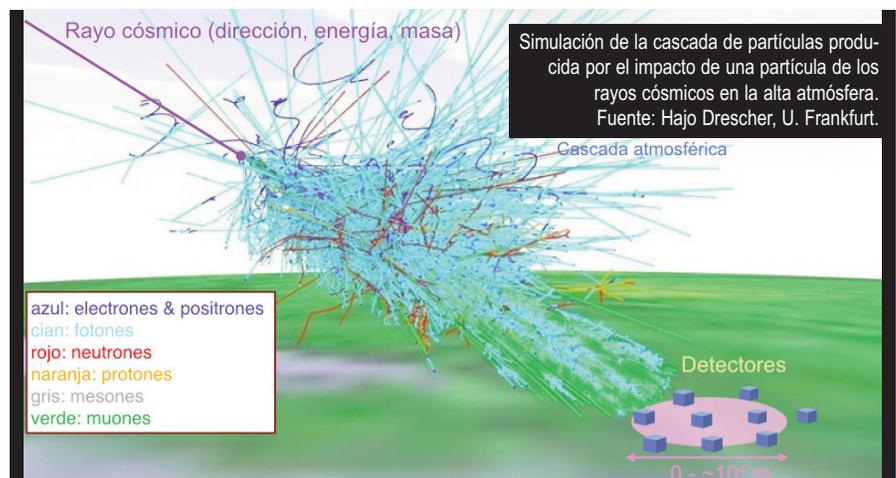
historia magnética del Sol, entre otros. Como ejemplo, a partir de los neutrinos producidos en las reacciones de rayos cósmicos en la alta atmósfera (neutrinos atmosféricos) un experimento en Japón, realizado en el observatorio de neutrinos Superkamiokande, permitió demostrar que estas partículas elementales poseen masa.

También la captura de neutrones de las cascadas atmosféricas por núcleos de nitrógeno y oxígeno de la atmósfera da lugar a los isótopos radioactivos carbono-14 ( $C^{14}$ ) y berilio-10 ( $Be^{10}$ ). Estos, junto con otros como  $Al^{26}$ ,  $Cl^{36}$  o  $Ar^{37}$ , se denominan isótopos cosmogénicos y son especialmente útiles para la datación de restos orgánicos o para la reconstrucción histórica de llegada de rayos cósmicos a la Tierra e, indirectamente, de la actividad magnética solar\*. Por último, los rayos cósmicos ofrecen aplicaciones prácticas en campos aparentemente lejanos. Así, a modo de rayos X, pueden ser usados como radiación penetrante para la búsqueda de cámaras ocultas en pirámides, para analizar la estructura interna de los volcanes o para la detección del tráfico ilegal de materiales pesados en contenedores de transporte.

**LOS INCONVENIENTES.** Pero no todo son ventajas. Los rayos cósmicos también pueden representar un peligro para los

humanos en misiones espaciales tripuladas y para los instrumentos en las naves espaciales o en satélites artificiales. Si bien nuestro cuerpo es atravesado continuamente por cientos de rayos cósmicos por segundo, los niveles de radiación solo representan una pequeña fracción de la dosis de radioactividad natural a la que estamos expuestos. Sin embargo, fuera de la atmósfera, la intensidad de los rayos cósmicos representa un riesgo potencial para la salud de los astronautas. Su impacto sobre las neuronas o las moléculas de ADN puede causar daños irreversibles. La cantidad de material necesaria para

revestir una nave espacial de forma eficiente hace que resulte problemático realizar misiones espaciales tripuladas a otros planetas -cuya duración podría ser de años- pues supondría la exposición de los astronautas a unos niveles de radiación excesivamente altos. Por otro lado, el impacto de los rayos cósmicos, en especial los de más baja energía, con la instrumentación electrónica y ordenadores a bordo de naves espaciales y satélites puede hacer fallar microcircuitos o dañar los sistemas de almacenamiento de datos, produciendo pérdida de información o problemas en las comunicaciones.



## Incertidumbres

Más de cien años después de su descubrimiento, aún quedan muchas incertidumbres asociadas a los rayos cósmicos. Una de ellas está relacionada con su origen. Como están constituidos por partículas con carga eléctrica, no podemos extrapolar su dirección hasta su fuente. Se sospecha que pueden provenir de explosiones de supernova, de cúmulos de estrellas supermasivas y de algún mecanismo asociado a agujeros negros supermasivos próximos a los centros galácticos. Unos resultados recientes, obtenidos desde el observatorio Pierre Auger situado en Argentina, con unos mil seiscientos detectores desplegados sobre unos tres mil seiscientos kilómetros cuadrados, muestran que la incidencia de rayos cósmicos de mayor energía, capaces de vencer los campos magnéticos intergalácticos, muestra una distribución aproximada-

mente dipolar, ajena a la estructura de nuestra galaxia, confirmando su origen extragaláctico.

Otra incertidumbre está asociada a cómo alcanzan energías tan altas. Los mecanismos conocidos permiten explicar energías hasta cuatro o cinco órdenes de magnitud más bajas que las observadas. También existen dudas acerca de la composición de los rayos cósmicos de mayor energía, que se detectan indirectamente a partir del estudio de las cascadas atmosféricas, pues existen aún incertidumbres en los procesos nucleares que tienen lugar en la alta atmósfera y en los fenómenos de transporte de las partículas secundarias hasta su detección en tierra.

Un tema muy interesante y polémico es la posible influencia de los rayos cósmicos en el clima a lo largo de la historia terrestre. A su paso por distintas zonas de la galaxia, un exceso de rayos cósmicos podría haber producido un

exceso de iones en la atmósfera, una mayor formación de núcleos de condensación de vapor de agua, una mayor nubosidad y, como consecuencia, un enfriamiento. ¿Desempeñaron estos también un papel directo en la evolución de las especies?

Hasta muy recientemente toda la información que recibíamos del universo estaba basada en el espectro electromagnético. Desde hace unas décadas el estudio de los neutrinos nos permite "mirar" en el núcleo del Sol y, desde hace poco más de un año, hemos descubierto que el universo también puede ser estudiado mediante las ondas gravitacionales. Los rayos cósmicos, conocidos desde la primera década del siglo XX pero cuyo origen es todavía incierto, están aún sin explotar y pueden convertirse en una nueva ventana que abra nuestros ojos a descubrimientos sorprendentes.

\* "Reconstrucción de la historia de la actividad magnética solar [...]". Número 51, IAA: *Información y Actualidad Astronómica*, página 23.

# AGENDA

## CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA. CICLO LUCAS LARA

Sesiones de divulgación que se celebran, cada último jueves de mes, en el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Pueden seguirse por streaming a través de: [www.youtube.com/iaaudc](http://www.youtube.com/iaaudc)  
Todas las sesiones están disponibles en la web del IAA.

[http://www.iaa.es/lucas\\_lara](http://www.iaa.es/lucas_lara)



# DESTACADOS

## DÍA INTERNACIONAL DE LA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA



El Instituto de Astrofísica de Andalucía se sumó a esta iniciativa con una serie de actividades destinadas a visibilizar el trabajo de las científicas y a crear roles femeninos en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería que promuevan prácticas que favorezcan la igualdad de género en el ámbito científico. Así, el día 8 de febrero tuvo lugar una jornada de puertas abiertas a la que asistieron estudiantes de primaria, educación secundaria y bachillerato y donde nuestras investigadoras y tecnólogas dieron a conocer su trabajo y los objetos que investigan.

## EL RADIOSCOPIO

El Radioscopio es un programa de divulgación científica realizado y producido desde Canal Sur Radio en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía. Presentado y dirigido por Susana Escudero (RTVA) y Emilio J. García (IAA), este programa aborda la divulgación de la ciencia con humor y desde una perspectiva original y rigurosa.

<http://radioscopio.iaa.es>

### EL MISTERIO DE VENUS

En 1951, el escritor Stanislaw Lem publicó "Astronautas", donde relataba un viaje al planeta Venus. Lem siempre quiso actualizar el libro a la luz de los nuevos descubrimientos que se iban realizando sobre el "lucero del alba", pero como él mismo dijo: "Desisto porque implicaría hacer un nuevo libro".

En el Radioscopio nos hemos atrevido a reescribir al maestro ruso, y de la mano de Javier Peralta (Agencia Espacial Japonesa) hemos revisado algunos de los muchos enigmas del planeta vecino.



[http://www.ivoox.com/podcast-radioscopio\\_sq\\_f128060\\_1.html](http://www.ivoox.com/podcast-radioscopio_sq_f128060_1.html)

## ONDA MARCIANA

Onda Marciana es, en palabras de sus creadores, "una historia sonora de cómo Marte ha cambiado nuestra forma de pensar y nuestro conocimiento del universo". El programa cuenta con músicas y ambientaciones originales y la participación de los científicos que han hecho posibles las últimas misiones de exploración a Marte.

[podiumpodcast.com/onda-marciana](http://podiumpodcast.com/onda-marciana)

## CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden rellenar la solicitud en [http://divulgacion.iaa.es/visitas\\_iaa](http://divulgacion.iaa.es/visitas_iaa)

