

## Un gran esfuerzo global persigue la primera imagen de un agujero negro



Recreación artística de un agujero negro supermasivo EM

Un amplio grupo de astrónomos repartidos por todo el mundo está tratando de obtener la primera imagen del horizonte de sucesos del agujero negro super-masivo situado en el centro de la Vía Láctea. Para ello han realizado observaciones combinadas de los radiotelescopios más potentes del planeta,

incluyendo



Componentes en torno a un agujero negro. ESO, ESA/HUBBLE, M. KORNMESSER//N. BARTMANN supermasivo EM

Exactamente en el centro de nuestra galaxia, a 27.000 años luz del sistema solar, se esconde un agujero negro supermasivo conocido como Sagitario A\*, un auténtico monstruo cósmico cuya masa asciende a unos cuatro millones de veces la masa de nuestro Sol. Su campo gravitatorio es tan intenso que ni siquiera la luz escapa a su fuerza de atracción. Pero es también gracias a este intenso campo gravitatorio que, al determinar las órbitas de las estrellas que lo rodean, hemos podido confirmar su existencia y estimar algunas de sus características, como su enorme masa. Sabemos también que el agujero tiene más de 15 millones de kilómetros de diámetro y que gira a una velocidad vertiginosa, próxima a la velocidad de la luz.

En el centro del agujero negro, la materia colapsa hacia un punto denominado *singularidad*. La superficie alrededor de una singularidad donde la energía y la

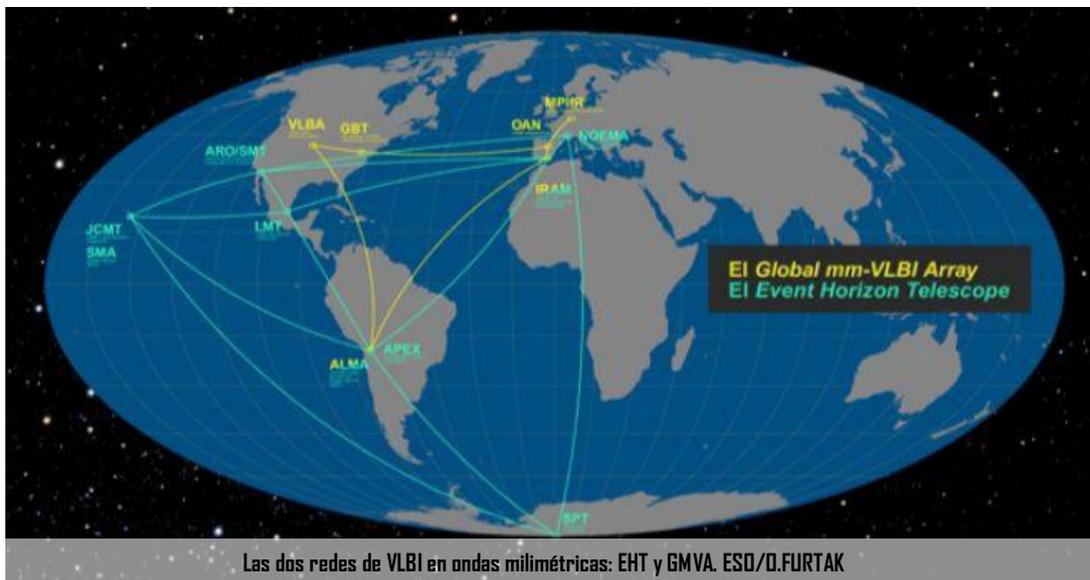
materia ya no pueden escapar a la gravedad del agujero negro, es decir, el punto sin retorno, se denomina *horizonte de sucesos*. A pesar de que el agujero negro en sí es oscuro, el plasma caliente en torno a este horizonte puede formar un *disco de acreción* desde el que se pueden emitir chorros de fotones que, debido a la gravedad, llevan trayectorias curvadas. Así pues, si consiguiéramos observar en detalle el entorno de un agujero negro, esperaríamos ver un anillo brillante alrededor de una especie de *sombra* más o menos circular.

Al estar escondido por densas nubes de gas y polvo, los telescopios ópticos no pueden acceder a la región central de un agujero negro, pero los telescopios que observan en longitudes de onda más cortas (como las de los rayos X) o más largas (como las milimétricas y submilimétricas) pueden penetrar a través de esas nubes y son mucho más adecuados para estudiar las propiedades del objeto colapsado.

## Un telescopio tan grande como la Tierra

Hace años que se viene desarrollando un plan para obtener imágenes de un agujero negro, pero sólo recientemente se ha alcanzado la capacidad tecnológica que es imprescindible para lograr este ambicioso objetivo. Los radiotelescopios más potentes del mundo han aunado esfuerzos en dos grandes proyectos de colaboración internacional para crear dos redes de capacidad observacional sin precedentes.

La primera red recibe el nombre de Telescopio del Horizonte de Sucesos (Event Horizon Telescope, EHT) y



opera en longitudes de onda próximas al milímetro, mientras que el Interferómetro Global de ondas milimétricas (Global mm-VLBI Array, GMVA) trabaja con longitudes de onda en torno a los 3 milímetros. Los radiotelescopios de

estas redes están distribuidos por todo el planeta. Las redes se extienden desde Hawái hasta el Polo Sur, pasando por Europa, EEUU y Chile. En España están situados dos de los elementos más importantes: el radiotelescopio de 30-m de diámetro del IRAM en Pico Veleta (cerca de Granada) y el de 40-m del IGN en Yebes (Guadalajara).

En cada red se combinan las señales procedentes de los diferentes radiotelescopios mediante una técnica conocida como interferometría de muy larga línea de base (VLBI, por sus siglas en inglés). De esta forma, cada red actúa como un telescopio imaginario que fuese del tamaño del planeta Tierra. Se consigue así alcanzar un nivel de resolución (una nitidez de las observaciones) muy superior al que puede ofrecer cualquier telescopio trabajando solo. El poder de resolución llega a ser así 2.000 veces superior a la del telescopio espacial Hubble. Este poder de resolución, el récord de lo que se puede alcanzar con cualquier técnica astronómica, es crucial para poder detectar el agujero negro, que, a pesar de ser 30 veces más grande que el Sol, se encuentra casi 2000 millones de veces más lejos de la Tierra.

## La participación de ALMA

Ambas redes (tanto el EHT como el GMVA) cuentan con la participación del mayor peso pesado de la radioastronomía mundial: el gran interferómetro de ondas milimétricas y submilimétricas de Atacama



Simulaciones por ordenador de la imagen de un agujero negro bajo diferentes hipótesis teóricas. D. PSALTIS/ A. BRODERICK

(ALMA). Gracias a sus 66 antenas y a sus receptores de altísima sensibilidad, ALMA, ubicado en las alturas del desierto de Atacama, ha pasado a ser una pieza central en

ambas redes. Para ello, se ha equipado al interferómetro con nuevos discos duros capaces de almacenar las enormes cantidades de datos que producirán las observaciones, así como con un reloj extremadamente preciso (un máser de hidrógeno), fundamental para poner en fase las señales de ALMA con las de los otros radiotelescopios de las redes de VLBI.

Las observaciones se han realizado de manera coordinada, con todos los radiotelescopios del EHT entre el pasado 1 y 4 de abril y con los del GMVA entre el 5 y el 14 de abril. El trabajo de reducción de la enorme cantidad de datos recogida se prolongará durante un año, un año en el que la comunidad astronómica mundial, y muy especialmente todo el personal trabajando en ALMA aquí en Atacama, esperarán impacientes la producción de las primeras imágenes. Los resultados constituirán un nuevo test a la teoría de la relatividad general de Einstein y, por encima de todo, nos revelarán insospechados detalles de los siempre enigmáticos agujeros negros.

## 50 años de observaciones de VLBI

- Se da la circunstancia de que el pasado 17 de abril, justo tras las observaciones pioneras del agujero negro central de la Vía Láctea con el EHT y el GMVA, se conmemoraba el 50 aniversario de las primeras observaciones realizadas con la técnica VLBI. Aquel 17 de abril de 1967 se observaron varias radiofuentes compactas, de las denominadas cuásares (galaxias gigantes muy lejanas de las que se sospechaba que podían esconder grandes agujeros negros en su seno) utilizando dos grandes radiotelescopios en Canadá, uno en Columbia británica y otro en Ontario, separados por 3074 kilómetros de distancia. A ese primer experimento siguieron muchos otros involucrando más telescopios en Europa y en EEUU. La confirmación definitiva de que los cuásares albergan agujeros negros supermasivos llegaría en 1995 mediante la combinación de estas observaciones de VLBI con otras de espectroscopía óptica
- Desde la técnica de VLBI había sido desarrollada durante varios años previos a 1967: fue gestada por astrónomos soviéticos durante el año 1962 y puesta en común con el británico Bernard Lowell durante su visita a la URSS en 1963. La técnica fue descrita por vez primera en una publicación soviética de 1965 por Matveenko, Kardashev y Sholomitskiy
- En la actualidad, las observaciones de VLBI proporcionan las observaciones de mayor detalle (mayor resolución angular) de las que se realizan en astronomía. Los logros científicos de esta técnica son innumerables: además del estudio de los agujeros negros, el VLBI permite estudiar diferentes tipos de estrellas, tanto jóvenes como evolucionadas, y astros de todo tipo. Gracias a su altísima precisión midiendo posiciones, el VLBI se utiliza hoy para definir el Sistema Internacional de Referencia Celeste que es imprescindible en el funcionamiento de los sistemas de posicionamiento global, como el GPS. El VLBI también tiene

aplicaciones muy importantes en geofísica y geodesia, pues permite monitorizar los movimientos de los polos terrestres y la deriva de los continentes.

- Gracias a los radiotelescopios de 40-m del IGN en Yebes (Guadalajara), al de 30-m del IRAM en Pico Veleta (Granada) y a los de la Red del Espacio Profunda de NASA (cerca de Madrid), España es un actor importante en varias redes de VLBI internacionales, muy particularmente en la Red Europea de VLBI (EVN). Esta red agrupa a los mayores radiotelescopios de Europa, además de otros en Rusia, China, Sudáfrica y Puerto Rico. El corazón de la red es su potente correlador de señales que se encuentra en el Joint Institute for VLBI ERIC (JIVE).