

AGUJEROS NEGROS SUPERMASIVOS

DOS ESTUDIOS DE VANGUARDIA PARA 2017

Por Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)

Los agujeros negros son uno de los objetos más fascinantes del cosmos: concentraciones de materia con una fuerza gravitatoria tan intensa que ni la luz puede escapar. El Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT) busca observar directamente su entorno inmediato, una región denominada horizonte de sucesos a partir de la que la luz sí escapa (y a partir de la que podemos obtener información), empresa a la que se ha sumado el observatorio ALMA y en cuyo marco se han seleccionado cinco proyectos para 2018, dos de ellos encabezados por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

El Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT, de su nombre en inglés) es en realidad un telescopio virtual: se trata de un conjunto de antenas distribuidas por todo el mundo cuya señal se combina, de modo que funcionan como un telescopio con un diámetro equivalente a la distancia máxima entre antenas. En 2017 el observatorio ALMA sumaba sus sesenta y seis antenas al EHT, lo que aportaba al proyecto su enorme superficie colectora, de más de siete mil metros cuadrados.



Concepción artística de un agujero negro supermasivo. Fuente: ESO.

Los agujeros negros que estudiarán EHT y ALMA generan los entornos más extremos que se conocen en el universo, lo que se conoce como núcleos activos de galaxias. Se trata de agujeros negros supermasivos, con hasta varios miles de millones de veces la masa del Sol, que se hallan rodeados de un disco de material que los alimenta (el disco de acrecimiento) y pueden liberar de forma continua más

de cien veces la energía de todas las estrellas de una galaxia como la nuestra. Además, suelen mostrar chorros de partículas perpendiculares al disco que viajan a velocidades cercanas a la de la luz y se extienden más allá de la propia galaxia.

Los agujeros negros supermasivos desempeñan un papel fundamental en la formación y evolución de las galaxias (la mayoría de ellas, incluida la Vía Láctea, alberga uno), y constituyen un entorno único para el estudio de la gravedad en ambientes extremos. Así, el Telescopio del Horizonte de Sucesos espera, por ejemplo, poner a prueba la Teoría General de la Relatividad de Einstein, que predice la existencia de una "sombra" más o menos circular en torno al agujero negro, entender el fenómeno de la absorción de material alrededor de los agujeros negros o el mecanismo de formación de los chorros.

OJ287. EL MEJOR CANDIDATO A AGUJERO NEGRO SUPERMASIVO BINARIO

En septiembre de 2007 se cumplía una predicción emocionante. OJ287, un agujero negro supermasivo con unos dieciocho mil millones de masas solares (uno de los mayores conocidos), experimentaba un esperado destello, que seguía una tendencia registrada desde 1890 y que se halla salpicada de estallidos dobles cada doce años, aproximadamente.

La predicción se realizó considerando un modelo que propone que OJ287 es en realidad un agujero negro supermasivo binario. Según este modelo, otro agujero negro -unas cien veces menor- gira en torno a OJ287 y regularmente atraviesa su disco de acrecimiento, calentándolo y liberando burbujas de material que generan los destellos.

El acierto en la predicción, que contempla la pérdida de energía del sistema a través de ondas gravitatorias, afianzó el modelo de agujero negro binario (en el que, además, el menor iría cayendo sobre OJ287 hasta fusionarse con él en un intervalo de unos diez mil años), pero hace falta observar la región más interna del objeto para comprobarlo.

Uno de los cinco proyectos aceptados para la observación con el Telescopio del Horizonte de Sucesos y ALMA en 2018 busca, precisamente, comprobar si OJ287 es en efecto un agujero negro doble. "Esperamos que estas observaciones nos permitan poner a prueba la teoría de la relatividad de Einstein en uno de los escenarios más extremos que nos podemos encontrar en el universo: un sistema binario de agujeros negros supermasivos destinados a fusionarse en uno solo. De confirmarse este escenario estaríamos ante un sistema capaz de emitir las ondas gravitacionales más intensas del universo", apunta José Luis Gómez, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que encabeza el proyecto. En primavera de 2018 gran parte de las grandes instalaciones de observación del mundo apuntarán a este objeto. Las grandes redes de antenas internacionales, tanto en tierra como en el espacio, tienen observaciones programadas y se espera obtener una imagen con una resolución de unos diez microsegundos de arco (visto desde la Tierra, estos diez microsegundos de arco corresponderían al tamaño de una moneda de un euro en la superficie de la Luna).

"Estas observaciones nos permitirán entender mejor cómo se forman los chorros relativistas, o poner a prueba el denominado teorema de no pelo de los agujeros negros, que afirma que toda la información sobre la materia que forma el agujero negro o que cae sobre él desaparece tras el horizonte de sucesos y permanece inaccesible; así, los agujeros negros se caracterizarían únicamente por su carga, masa, y momento angular", señala Gómez (IAA-CSIC).

4C+01.28. CLAVE PARA ENTENDER CÓMO SE FORMAN LOS CHORROS

Cuando comenzaron a estudiarse las galaxias activas, en los años sesenta del siglo pasado, se acuñó el término cuásar, abreviatura de quasi-stellar radio sources (fuentes de radio cuasi estelares) para aludir a estos objetos puntuales, extremadamente lejanos y brillantes que, según sabemos hoy, responden a la existencia de un agujero negro supermasivo en un núcleo galáctico.

Sin embargo, años después hubo que acuñar un término para algunos que eran aún más brillantes. Se trata de los blázares (del inglés blazing quasi-stellar object, u objeto cuasi estelar resplandeciente), que muestran un brillo muy superior debido a que vemos el disco de frente y el chorro de partículas apunta en nuestra dirección.

4C+01.28, uno de los objetivos de la campaña de observación con el Telescopio del Horizonte de Sucesos para 2018, es un blázar que presenta una peculiaridad. "El chorro de 4C+01.28 muestra una doble estructura: una región interna, con el campo magnético alineado en una dirección, y otra externa -una especie de vaina-, con el campo alineado en la dirección perpendicular a la anterior, alineada con la dirección del chorro relativista", señala Antxon Alberdi, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que coordina el proyecto.

El estudio en detalle de este blázar permitirá discriminar entre los dos modelos que intentan explicar cómo se forman los chorros en las galaxias activas. Uno plantea que el chorro emerge del disco de acrecimiento que rodea el agujero negro; debido a la rotación del disco, las líneas de campo se "enrollan" formando una estructura helicoidal que confina y acelera las partículas que forman el chorro. Una estructura helicoidal, pero vista de frente como ocurre en 4C+01.28, explicaría las diferentes orientaciones del campo magnético que vemos en este blázar. El segundo modelo, por su parte, sostiene que los chorros se forman en el propio agujero negro, y que la distinta orientación del campo magnético de la región más externa de 4C+01.28 puede explicarse por la interacción del material del chorro con el medio externo.

Para comprobar qué escenario es el correcto son necesarias observaciones muy precisas de la base del chorro y de cómo la luz está polarizada. La luz que recibimos del universo es el resultado de la superposición desordenada de muchas ondas electromagnéticas que vibran aleatoriamente, es decir, luz no polarizada. Bajo algunas circunstancias, como en entornos con campos magnéticos intensos, la luz vibra preferentemente en un plano, dando lugar a luz polarizada. "Si el chorro emerge del disco de acrecimiento veremos una estructura más abierta y luz muy polarizada, en tanto que si es impulsado por el propio agujero negro la señal será más compacta, con mayor nivel de opacidad y menor grado de polarización", apunta Alberdi (IAA-CSIC).

Silbia LÓPEZ DE LACALLE (IAA-CSIC)
Este artículo aparece en el número 53, octubre 2017,
de la revista Información y Actualidad Astronómica,
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA_CSIC)