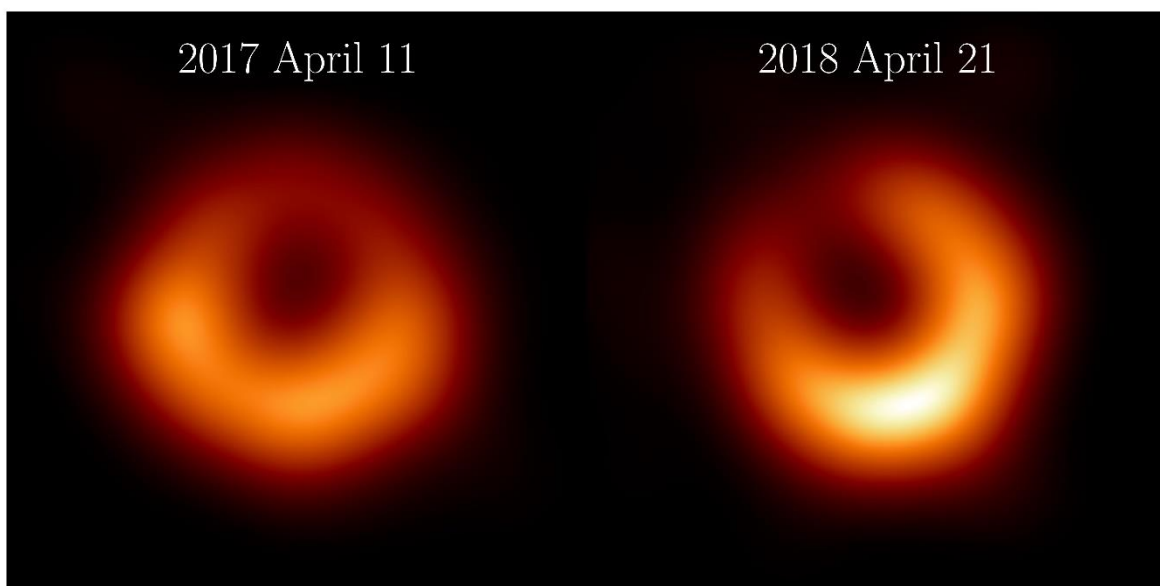


Granada, jueves 18 de enero de 2023

M87*, un año después: la persistente prueba de la sombra de un agujero negro

- El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) participa en la colaboración internacional que confirma la existencia de un anillo brillante que corresponde a la sombra del agujero negro de la galaxia Messier 87
- La estabilidad del diámetro del anillo respecto a los datos obtenidos en 2017 respalda la conclusión de que el agujero negro M87 estaría descrito de forma correcta por la teoría de la relatividad general



Imágenes del agujero negro de la galaxia Messier 87. / EHT

La colaboración del Telescopio del Horizonte de Sucesos (del inglés Event Horizon Telescope, EHT), un proyecto internacional con una fuerte participación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha presentado una nueva imagen de M87*, el agujero negro supermasivo situado en el centro de la galaxia Messier 87, a partir del análisis de observaciones realizadas en abril de 2018. Estas observaciones, que incluyen la participación por primera vez del Telescopio de Groenlandia en la red global del EHT, proporcionan un conjunto de datos independiente de los empleados en 2017. Publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*, este nuevo análisis revela un brillante anillo de

dimensiones idénticas a las observadas en 2017 alrededor de una región central oscura, que corresponde a la sombra proyectada por el agujero negro, en consonancia con las predicciones de la teoría de la relatividad general. Sin embargo, en esta nueva imagen, la región más luminosa del anillo ha experimentado un desplazamiento de aproximadamente 30 grados con respecto a 2017, de acuerdo con los modelos teóricos que describen la variabilidad del material turbulento que rodea a los agujeros negros.

"Un requisito fundamental de la ciencia es poder reproducir resultados", señala **Keiichi Asada**, investigador asociado en el Instituto Academia Sinica de Astronomía y Astrofísica de Taiwán. "La confirmación del anillo en un conjunto completamente nuevo de datos es un hito enorme para nuestra colaboración y un fuerte indicio de que estamos observando la sombra de un agujero negro y el material que orbita a su alrededor".

En 2019, el EHT publicó [la histórica primera imagen de un agujero negro: M87*](#), un agujero negro supermasivo situado en el centro de la galaxia Messier 87, a 55 millones de años luz de distancia. Gracias a las observaciones combinadas a lo largo de 2017 de una red global de radiotelescopios que funcionan como un telescopio virtual del tamaño de la Tierra, se obtuvo la imagen de un brillante anillo circular, más luminoso en su parte sur. Análisis posteriores de su estructura en luz polarizada permitieron determinar la geometría del campo magnético y la naturaleza del plasma que rodea al agujero negro.

"La obtención de la imagen directa de M87* marcó una nueva etapa en el estudio de los agujeros negros, permitiendo realizar test cada vez más precisos de la teoría de la relatividad general a partir de múltiples observaciones astronómicas ", afirma **José Luis Gómez**, vicepresidente del Consejo Científico del EHT y líder del grupo EHT en el IAA-CSIC, que incluye a los doctores **Kotaro Moriyama**, **Thalia Traianou**, **Antonio Fuentes** y **Antxon Alberdi**, además de los investigadores predoctorales **Rohan Dahale**, **Marianna Foschi** y **Teresa Toscano**, y los antiguos miembros **Ilje Cho**, **Rocco Lico**, y **Guang-Yao Zhao**. "Nuestros modelos teóricos aseguran que las propiedades del material que rodea a M87* no deberían estar correlacionadas entre 2017 y 2018. Por lo tanto, las observaciones continuadas de M87* nos ayudarán a establecer restricciones independientes sobre la estructura del plasma y el campo magnético alrededor del agujero negro, y nos permitirán distinguir la compleja astrofísica de los efectos de la relatividad general", añade Gómez

Para contribuir a esta nueva y emocionante ciencia, el EHT está en desarrollo constante. El Telescopio de Groenlandia se unió al EHT por primera vez en 2018, sólo cinco meses después de que se completara su construcción en el Círculo Polar Ártico. Asimismo, el radiotelescopio Large Millimeter Telescope (LMT) participó por primera vez con su superficie total de 50 metros, mejorando considerablemente su sensibilidad. Además, se ampliaron las observaciones a cuatro bandas de frecuencia alrededor de 230 GHz, en comparación con las dos bandas empleadas en 2017.

"El avance de la ciencia implica una constante mejora en la calidad de los datos y las técnicas de análisis", destaca **Rohan Dahale**, investigador predoctoral en el IAA-CSIC, y que ha contribuido de manera esencial a los nuevos resultados del EHT. "La integración del Telescopio de Groenlandia a la red del EHT ha sido esencial a la hora de refinar nuestras imágenes de M87* en 2018. Para las observaciones llevadas a cabo en 2021, 2022 y las

próximas en 2024 se han implementado además otras mejoras significativas que nos inspiran a seguir expandiendo los límites en la astrofísica de los agujeros negros".

Consistencia con la relatividad general

La imagen de M87* tomada en 2018 es notablemente similar a la de 2017: un anillo brillante de idéntico tamaño y anchura, con una región central oscura y un lado del anillo más luminoso que el otro. Precisamente, uno de los resultados más destacables de esta nueva imagen de M87* es la estabilidad del diámetro de su anillo con respecto a los datos de 2017, que respalda de manera sólida la conclusión de que el agujero negro de M87 está bien descrito por la teoría de la relatividad general. "El radio de un agujero negro solo depende de su masa. Dado que M87* no está acumulando material (lo cual aumentaría su masa) a una velocidad alta, la relatividad general predice que su radio debe permanecer prácticamente inalterado a escalas de tiempo humanas, tal y como confirman nuestros datos", señala **Nitika Yadlapalli Yurk**, investigadora postdoctoral en el Laboratorio de Propulsión a Chorro en California (E.E.U.U.), y doctora por el Instituto Tecnológico de California.

Aunque el tamaño de la sombra del agujero negro se ha mantenido constante entre 2017 y 2018, la posición de la región más brillante del anillo sí ha experimentado un cambio significativo en los nuevos datos de 2018, desplazándose unos 30 grados en sentido antihorario para ubicarse en la parte inferior derecha del anillo, aproximadamente en la posición de las cinco en punto. "Este notable cambio en la estructura de M87* es algo que ya anticipamos en los primeros resultados publicados en abril de 2019" - explica **Britt Jeter**, investigador postdoctoral en el Instituto Academia Sinica de Astronomía y Astrofísica de Taiwán - A pesar de que la teoría de la relatividad general exige que el tamaño del anillo debe mantenerse estable, la emisión procedente del caótico y turbulento disco de acreción que rodea al agujero negro provoca que la región más brillante del anillo oscile de un lado a otro. La amplitud observada de esta oscilación o bamboleo a lo largo del tiempo servirá para poner a prueba nuestras teorías sobre el campo magnético y el entorno del plasma alrededor del agujero negro".

Nuevas herramientas de análisis

El análisis de los datos de 2018 incorpora ocho técnicas independientes de imagen y modelado, incluyendo tanto métodos utilizados en el análisis previo de M87* en 2017 como nuevos desarrollados a partir de la [experiencia adquirida del análisis de Sgr A*](#), el agujero negro situado en el centro de la Vía Láctea.

"La robustez de la imagen obtenida se fortalece notablemente gracias a la diversidad de técnicas de reconstrucción de imagen y modelado utilizadas. La consistencia en la morfología de la imagen, demostrada por los cinco métodos de mapeado y tres de modelado, refuerza significativamente la fiabilidad de nuestros resultados", afirma el Dr. **Kotaro Moriyama**, uno de los coordinadores del Grupo de Trabajo de Imagen del EHT. "Es especialmente destacable que miembros del IAA-CSIC hayan aportado contribuciones clave a este hito, liderando o co-liderando los procesos de imagen con cuatro de las cinco técnicas de imagen distintas", añade Moriyama.

Un proyecto en continua ampliación

Además de 2017 y 2018, el EHT ha llevado a cabo observaciones de M87* en 2021 y 2022, y tiene programado observar en la primera mitad de 2024. Cada año, la red del EHT ha mejorado técnicamente, ya sea con la incorporación de nuevos telescopios, mejoras en el hardware o añadiendo frecuencias adicionales de observación. "Las observaciones realizadas por el EHT implican una contribución sustancial a la comprensión de la física de los agujeros negros. La ampliación del EHT mejorará la calidad de las imágenes. En este sentido, el IAA-CSIC y otros socios están estudiando la posible incorporación a la red de una nueva radio antena en las Islas Canarias. La investigación con el EHT es una parte fundamental del proyecto estratégico Severo Ochoa del IAA-CSIC", remarca **Antxon Alberdi**, miembro de la Colaboración del EHT y director del IAA-CSIC.

Más información

La colaboración del EHT cuenta con la participación de más de 300 investigadores de África, Asia, Europa, y América del Norte y del Sur. Este esfuerzo internacional tiene como objetivo capturar las imágenes de agujeros negros con un nivel de detalle sin precedentes, mediante la creación de un telescopio virtual del tamaño de la Tierra. Con el respaldo de una inversión internacional considerable, el EHT conecta telescopios existentes mediante sistemas innovadores, dando lugar a un instrumento completamente nuevo con la mayor potencia de resolución angular alcanzada hasta el momento.

Los telescopios involucrados en el EHT son ALMA, APEX, el IRAM 30-meter Telescope, el IRAM NOEMA Observatory, el James Clerk Maxwell Telescope (JCMT), el Large Millimeter Telescope (LMT), el Submillimeter Array (SMA), el Submillimeter Telescope (SMT), el South Pole Telescope (SPT), el Kitt Peak Telescope, y el Greenland Telescope (GLT). Los datos fueron correlacionados en el Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) y en el Observatorio Haystack del MIT. El procesamiento posterior fue realizado dentro de la colaboración por un equipo internacional en diferentes instituciones, con una participación muy destacada del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC).

El consorcio EHT incluye trece instituciones interesadas, además de otros muchos institutos de investigación en todo el mundo, incluyendo el IAA-CSIC: el Instituto de Astronomía y Astrofísica de Academia Sinica, la Universidad de Arizona, la Universidad de Chicago, el Observatorio de Asia Oriental, la Universidad Goethe de Frankfurt, el Instituto de Radioastronomía Milimétrica, el Gran Telescopio Milimétrico, el Instituto Max Planck de Radioastronomía, el Observatorio Haystack del MIT, el Observatorio Astronómico Nacional de Japón, el Instituto Perimeter de Física Teórica, la Universidad de Radboud y el Observatorio Astrofísico Smithsonian.

Emilio García / IAA CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es