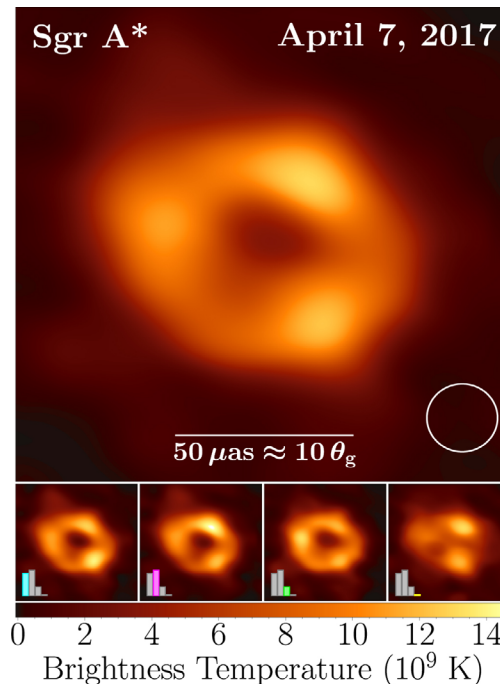


Club de revistas

Comentario sobre el artículo Primera imagen del agujero negro supermasivo en el centro de nuestra galaxia Vía Láctea.

Colaboración Telescopio Horizonte de Sucesos (Event Horizon Telescope, EHT), publicado en la revista *Astrophysical Journal Letters*, Volumen 930, Número 2, Mayo 10 de 2022.

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac6674/pdf>



Primera imagen del agujero negro en el centro de nuestra galaxia

El 10 de mayo de 2022 los registros noticiosos del mundo impactaban con una nueva imagen extraordinaria, la primera del agujero negro en el centro de nuestra galaxia Vía Láctea (**Bower, 2022**). ¿Pero acaso no habíamos visto ya esta misma imagen hace tres años, la primera de un agujero negro? Aquella imagen está todavía en nuestra memoria. ¿Qué es lo novedoso ahora? Aclaremos entonces.

Son tres capítulos en esta historia: primero en abril de 2019 vimos la primera imagen de un agujero negro, el agujero negro de la galaxia M87; luego en octubre de 2020 los agujeros negros fueron el tema del Premio Nobel de Física, y ahora en mayo de 2022 vemos la primera imagen del agujero negro en el centro de nuestra galaxia.

En la constelación de Virgo, a 55 millones de años luz de la Tierra, se encuentra una galaxia elíptica gigante, es Messier 87, o más corto M87, una galaxia de núcleo activo, que alberga en su centro el gran atractor galáctico, un agujero negro supermasivo, cuya imagen es histórica como la del primer agujero negro “fotografiado” (**The Event Horizon Telescope Collaboration, 2019**). Es supermasivo con masa de 6.5 billones de masas solares, compactada en un ínfimo volumen, en una singularidad, tal que por su enorme gravedad nada puede escapar, ni siquiera la luz. Su enorme gravedad deforma el espacio tiempo, así que luz en su entorno se curva a su alrededor. Materia de la galaxia atrapada allí en el entorno, acelerada por la gravedad del agujero, al acercarse circula a velocidades cada vez mayores, aproximando a la velocidad de la luz, así hasta alcanzar el límite espacial, “el horizonte de sucesos”, lo más cerca que puede llegar al centro de atracción en órbita estable. Se acerca más y “cae” al interior, de donde nunca puede salir, alimenta al agujero, que se hace más masivo.

El agujero negro supermasivo está en rotación, tiene momento angular y su rotación lleva a la materia atrapada en su alrededor a seguir el movimiento angular en un disco en plano perpendicular al eje de rotación. Este es “el disco de acreción” de materia en transición de la galaxia al agujero. La materia circulando con enorme energía, polvo y gas del entorno, lleva carga eléctrica, que en movimiento es fuente de intenso magnetismo. En rotación, carga eléctrica acelerada, es fuente de radiación, que podemos detectar, haciendo visible el agujero negro por la materia radiante en su entorno. La imagen del agujero negro muestra entonces el anillo brillante con la zona circular central en negro, “la sombra” oscura, con el interior del agujero negro limitado por el horizonte de sucesos.

Y se enriquece lo extraordinario de este motor del centro de la galaxia activa, por el intenso magnetismo en el entorno, debido a la carga eléctrica circulando, con líneas de campo magnético que atraviesan perpendicularmente el plano del disco de acreción, se entorchan alrededor del eje de rotación y guían materia de ese entorno formando “jets de plasma” a lo largo del eje de rotación. Se expulsan chorros de partículas cargadas eléctricamente, chorros de plasma disparados, que alcanzan hasta distancias de millones de años luz, acompañados de radiación, desde ondas de radio hasta rayos-X. Los jets emitidos parecen venir del agujero negro, pero se trata de materia del entorno en movimiento con muy altas energías, guiada por el campo magnético del agujero. Esta es la más poderosa máquina gravitacional, el agujero negro supermasivo. Y es así el M87, y así la imagen generada por la Colaboración Internacional Telescopio de Horizonte de Sucesos (**Event Horizon Telescope, EHT**, s.f.a).

Pensemos ahora en trasladarnos del M87 a 55 millones de años luz de distancia, hasta solo 26 mil años luz de distancia a nuestro planeta. Nos ubicamos en el centro de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, también galaxia de núcleo activo con un agujero negro supermasivo como motor de la galaxia: La Vía Láctea, galaxia en espiral de 100 millones de años luz de diámetro, con sus más de 200 mil millones de estrellas, con una masa de 1000 millones de veces la masa del Sol, gira en torno a su centro y completa cada vuelta en 225 millones de años. Para ubicar el centro de la Vía Láctea observamos en dirección de la constelación de Sagitario, en la región de mayor densidad de estrellas. Allí encontramos a Sagitario A*, más corto Sgr A*, el agujero negro supermasivo. ¿Cómo se descubrió?

Este es el segundo capítulo de la historia: el Premio Nobel de Física 2020, fue otorgado por mitad a Roger Penrose por los fundamentos teóricos, por el descubrimiento que la formación de agujeros negros es una predicción robusta de la teoría general de la relatividad de Albert Einstein, y la otra mitad a Andrea Ghez y Reinhard Genzel por el descubrimiento de un objeto compacto supermasivo en el centro de nuestra galaxia, por el descubrimiento de nuestro agujero negro supermasivo Sgr A*. Dos grupos de observación independientes, Andrea Ghez de la Universidad de California, Los Angeles, observando desde el Observatorio Keck en Hawái, y Reinhard Genzel del Instituto Max Planck de Física Extraterrestre de Munich, observando desde los telescopios en La Silla, Chile, estudiaron el movimiento de estrellas cercanas al centro de la galaxia. Registraron movimiento acorde con las leyes de Kepler en torno a un punto, donde se concluye, está ubicado el centro de atracción gravitacional, el agujero negro supermasivo Sgr A* y pudieron determinar su masa de 4 millones de masas solares. (**The Nobel Committee for Physics, 2020a, 2020b**).

Completamos con el tercer capítulo, con la Colaboración Internacional Telescopio de Horizonte de Sucesos, con observaciones directas del centro galáctico, Sagitario A*, donde se supone ubicada la gran masa de 4 millones de masas solares. Allí se había identificado una fuente compacta de radiación, adecuada para estudio radioastronómico en el rango de longitudes de onda de 1,3 mm. Con 8 radiotelescopios, repartidos en el mundo, a distancias de 1000 km entre ellos, conformando una red de observación, que equivale a un telescopio virtual del tamaño del planeta, pueden generar imágenes que reunidas, luego del debido procesamiento, llevan a la impactante imagen del agujero negro en el centro de la Vía Láctea.

Para el agujero negro supermasivo Sgr A* el resultado es muy similar a lo obtenido para el M87: El anillo brillante de materia atrapada circulando en torno al agujero negro, hasta el límite del horizonte de sucesos, con la sombra oscura del agujero en el interior del anillo. Y su tamaño coincide con lo que predice la relatividad general para una masa de 4 millones de masas solares. Se obtiene la misma estructura de agujero negro supermasivo ya conocida con M87. Esto demuestra de manera interesante, cómo a pesar del cambio de escala, reduciendo en factor de 1500, el fundamento físico es el mismo: la relatividad general aplica exitosamente tanto para el gigante M87, como para el más pequeño Sgr A*. Se tiene aquí un excelente laboratorio para estudio de física fundamental, para explorar la validez de la relatividad general en tan amplio rango de tamaños (**Bower, 2022**).

Para lograr la novedosa imagen del Sagitario A*, hubo que superar entre otros, un obstáculo serio por la rápida rotación del Sgr A*, consecuencia de su pequeña masa. Y esto se trasmite a la rotación de materia circulando en la órbita estable más interna en el límite del horizonte de sucesos, rotando con período de apenas 30 minutos, tiempo muy corto para tomar imágenes estables, que requieren tiempos de hasta 12 horas continuas. Materia en el entorno, polvo y gas de la galaxia, envuelve como un velo al agujero negro y varía irregularmente distorsionando la señal. Atravesar este velo lo logran las ondas electromagnéticas de radio, de longitudes de onda de milímetros, adecuadas para radioastronomía.

Las observaciones radioastronómicas que llevaron a las imágenes, de los dos agujeros negros supermasivos, M87 y Sgr A*, fueron realizadas por la Colaboración EHT en abril de 2017. Los radiotelescopios de la red están ubicados en España, Estados Unidos (Arizona y Hawái), México, Chile y en la Antártida, configurando el telescopio virtual de miles de kilómetros. (**The Event Horizon Telescope Collaboration, EHT Science, s.f.b**).

El detalle de este logro científico, que nos muestra cómo se abre una nueva ventana para la exploración del universo en lo profundo de las galaxias, para comprensión de la dinámica en su formación y evolución, con implicaciones cosmológicas, lo encontramos en la serie de 6 publicaciones de la Colaboración EHT en el *Astrophysical Journal Letters*, volumen 930, del 10 mayo de 2022, un hito en la ciencia (**Bower, 2022**).

Bernardo Gómez Moreno

Profesor emérito, Departamento de Física, Universidad de los Andes, Colombia

Referencias

- Bower, GC.** (2022). The Event Horizon Telescope Collaboration, “Focus on First Sgr A* Results from the Event Horizon Telescope”, *The Astrophysical Journal Letters*, 930(2), IOPscience, https://iopscience.iop.org/journal/2041-8205/page/Focus_on_First_Sgr_A_Results
- The Event Horizon Telescope Collaboration.** (2019). *Press Release: Astronomers Capture First Image of a Black Hole*. <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>
- The Event Horizon Telescope, EHT.** (s.f.a). <https://eventhorizontelescope.org/science>
- The Event Horizon Telescope Collaboration, EHT Science.** (s.f.b). <https://eventhorizontelescope.org/array>
- The Nobel Committee for Physics.** (2020 a). *Theoretical foundation for black holes and the supermassive compact object at the Galactic centre*. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/advanced-information/>
- The Nobel Committee for Physics.** (2020 b). “Black holes and the Milky Way’s darkest secret”, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/popular-information/>