



'Fotografía' de un agujero negro

Es sabido que para nuestras mentes una imagen vale más que mil palabras. En este caso, se trata de la primera imagen de un agujero negro. Fue difundida el 10 de abril de 2019 por el equipo internacional que opera una red de ocho grandes radiotelescopios terrestres conocida por *Event Horizon Telescope* (telescopio del horizonte de sucesos). Tal agujero está en el centro de la lejana galaxia Messier 87. Pasado el impacto visual nos preguntamos, entre otras cosas, qué muestra la imagen, cómo se obtuvo y qué aporta a la ciencia.

Para contestar a la primera pregunta debemos tener en cuenta que un agujero negro es una región del espacio-tiempo cuya geometría es tan extrema que ni la luz puede abandonarla. La superficie externa de esta región se denomina el horizonte de eventos o sucesos, lo cual da el nombre a dicha colaboración astronómica internacional.

Ya existían muchos indicios de que había un objeto de ese tipo en el centro de la galaxia nombrada. Uno de esos indicios -quizá el más espectacular- es un inmenso chorro de partículas que sale de la galaxia y que proviene de dicho objeto. También, cerca de este se advierte la presencia de mucho gas caliente. Esos signos llevaron a inferir la masa y el tamaño del agujero negro en cuestión. Se ha estimado que la primera es equivalente a la de unos 7 mil millones de soles, y que el segundo alcanza unas cuatro veces el tamaño de nuestro sistema solar, con unos 40.000 millones de kilómetros de diámetro. Se trata, pues, de un objeto sideral realmente imponente, que escapa a nuestra imaginación.

Ahora bien, si de un agujero negro no puede salir luz, ¿cómo lo vemos? Resulta que hay gas cayendo en él que

se calienta mucho y los electrones que lo componen emiten radiación electromagnética, un fenómeno que sí es observable. Es decir, observamos el gas que circunda al agujero negro, pero no vemos a este. En realidad, sin embargo, literalmente ni lo observamos ni lo vemos: lo que detectamos con los radiotelescopios es radiación electromagnética ubicada fuera del espectro visible. En otras palabras, la imagen que vemos es la interpretación visible de algo invisible, en una gama arbitraria de colores elegidos para hacerlos apetecibles a nuestra mente y a nuestros sentidos.

Cada uno de los ocho radiotelescopios que componen la red generó una cantidad enorme de datos (unos 350 terabytes por día), los cuales fueron convertidos en la imagen que se reproduce mediante complejos programas computacionales creados por los miembros de la colaboración.

Por otro lado, la radiación electromagnética emitida en las cercanías del agujero negro resulta altamente distorsionada tanto espacial como temporalmente por la geometría del agujero negro, la cual curva la trayectoria de la radiación y modifica la frecuencia con que esta nos llega. Por esto y por el fenómeno llamado efecto Doppler vemos en la figura un aro de radiación, más intenso en algunos lugares que en otros y con una parte central oscura. En esa parte central no hay órbitas estables que la luz pueda seguir y cualquier rayo que ingrese en ella necesariamente terminará en el agujero negro. Este, a su vez, es un poco más grande que el horizonte de eventos, el cual, pese al nombre de la colaboración, por definición no se puede ver.

Haber obtenido la imagen es toda una proeza tecnológica en la que par-

ticiparon más de doscientos investigadores: equivaldría a fotografiar desde la Tierra una manzana que estuviese en la Luna. Con el citado diámetro de 40.000 millones de kilómetros, el agujero negro Messier 87 es inmenso, pero su distancia a nosotros es también inmensa, al punto de que la luz tarda unos 50 millones de años en llegarnos desde allí y que, visto desde aquí, dicho diámetro mide unas 40 millonésimas de segundo de arco. Para lograr la imagen los ocho grandes radiotelescopios ubicados en distintos lugares del mundo se operaron de manera sincronizada: podría decirse que formaron un único radiotelescopio del tamaño de la Tierra. Si bien cada uno actuó en forma independiente del resto, mediante relojes atómicos registró el momento de arribo de cada señal con tal exactitud que se pudo luego componerlas todas en una única imagen de increíble precisión como la reproducida aquí, que resultó de las observaciones del 11 de abril de 2017. Costó mucho esfuerzo poner a punto la técnica, incrementado por el hecho de ser una colaboración entre 33 instituciones. Ahora que se ha logrado, esperamos ver otros resultados espectaculares en el futuro cercano.

¿Qué aporta la imagen a la ciencia? Entre los especialistas no causó gran conmoción, pues sabían de la existencia de agujeros negros gracias a muchos estudios anteriores, y porque recientemente se pudo medir la radiación gravitatoria producida por la colisión de dos de ellos (aunque de masas muchísimo menores) y corroborar que su radiación se comporta tal como lo predice la teoría de Einstein. Si su existencia no estaba en discusión, sí lo estaba la suerte corrida por la materia en su entorno. La complejidad de los

procesos que acaecen en ese entorno es tal que no se ha logrado construir modelos matemáticos suficientemente confiables. Todavía se desconoce mucho sobre numerosos fenómenos que suceden en escalas temporales y espaciales muy diversas. Es allí donde la imagen ayuda, pues permite establecer cuáles modelos creados con distintas suposiciones se corresponden me-

yor con lo observado. Entre las cosas que estamos comenzando a entender están la forma como se comporta el gas, cómo influyen los campos magnéticos que crea y, en particular, cómo se forman los chorros de partículas, los cuales utilizan la energía de rotación del agujero negro para alimentarse y brindar uno de los mayores espectáculos cósmicos conocidos.

Este estudio es el primero de una serie que se hará aplicando la nueva tecnología. Ya hay planes concretos para ampliar aún más la definición de las imágenes agregando satélites e incluso una antena en la Luna. Nos esperan décadas muy interesantes. **CH**

Oscar Reula
oreula@unc.edu.ar

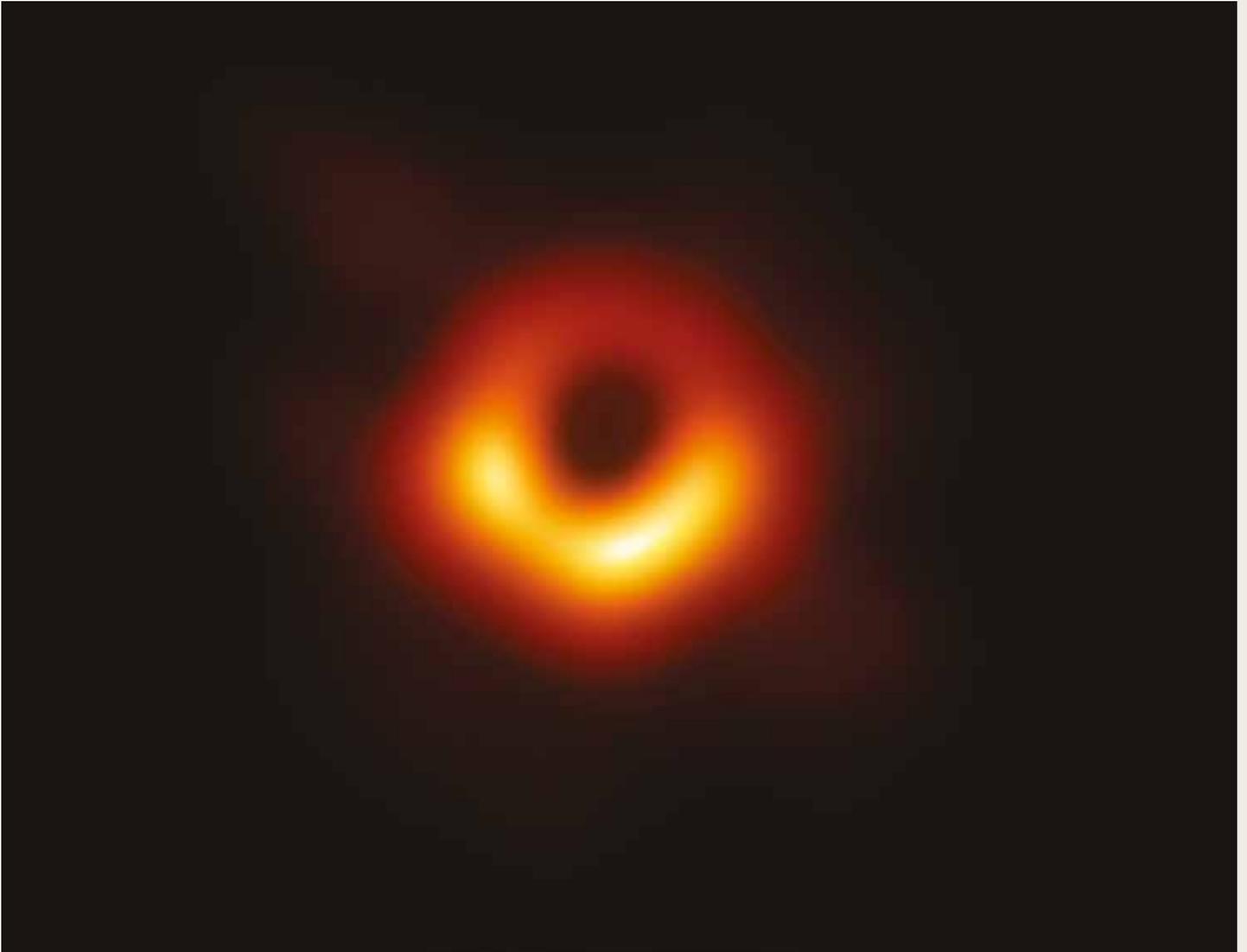


Imagen de un agujero negro confeccionada sobre observaciones sincronizadas hechas por ocho grandes radiotelescopios el 11 de abril de 2017. Es la primera evidencia visual directa que se obtiene de tales objetos astronómicos. <https://www.eso.org/public/images/eso1907a/>