

Sombra de agujeros negros

Título traducido

Fátima Pamela López Salcedo¹

¹Universidad de Guanajuato. Campus León, División de Ciencias e Ingenierías
fp.lopezsalcedo@ugto.mx¹

Martha Nava Hernández²

²Universidad de Guanajuato. Campus León, División de Ciencias e Ingenierías
m.navahernandez@ugto.mx²

Gustavo Andres Concha Valdez³

³Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas
gustavo.concha1@unmsm.edu.pe³

Resumen

En el presente trabajo se estudian las sombras de agujeros negros

Palabras clave: agujero negro, .

Introducción

Hasta antes del año 2019 la existencia de los agujeros negros no contaba con un respaldo visual. Estos enigmáticos objetos, de los cuales la mayoría de personas solo sabían que se describen como una gran cárcel gravitacional de la que ni la luz es capaz de escapar, parecían ser producto de pura ciencia ficción. Sin embargo, tras la publicación de la conocida imagen del agujero negro supermasivo de la galaxia M87*, hoy se cuenta con evidencia visual que no solo hace aterrizar a la imaginación, sino que aviva nuevamente la curiosidad por estas exóticas entidades.

La obtención de esta fotografía, capturada en abril de 2019 por el Event Horizon Telescope (EHT), así como la publicada en mayo de 2022 del agujero negro de nuestra propia galaxia, Sagitario A*, es fruto de una verdadera proeza científica y tecnológica. Además de fortalecer la confianza de las personas en el quehacer investigativo, establece una herramienta más para forjar una sólida cultura científica.

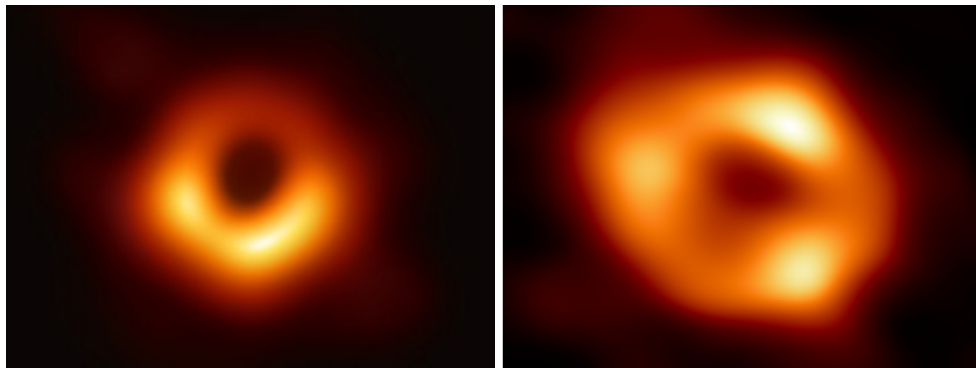


Figura 1. A la izquierda, la fotografía del agujero negro en la galaxia M87. A la derecha, la del agujero negro en el centro de la Vía Láctea, Sagitario A*.
Fotografías captadas por el EHT.*

Es precisamente aprovechando esta ventana que vale la pena hacer una precisión: las fotografías, técnicamente, no son del agujero negro en sí mismo, sino de su sombra. El estudio de la sombra de un agujero negro juega un rol crucial en el modelamiento de procesos observacionales. Entender qué variables influyen en las distintas formas que puede adoptar, así como la forma en que lo hacen, enriquece significativamente la comprensión de las imágenes.

El presente texto busca explorar la sombra de un agujero negro y las implicancias en su observación. Con esto se espera dilucidar algunas dudas en torno a estas fascinantes fotografías y, sobre todo, ¡alimentar la curiosidad!

¿Qué es un agujero negro? ¿Qué lo caracteriza?

Se trata de una región finita del espacio-tiempo en donde se concentra una enorme cantidad de masa, la cual genera un campo gravitatorio tan descomunadamente grande que, pasado cierto límite, no existe nada capaz de escapar de su atracción. Ni siquiera la luz. Aunque su existencia podía imaginarse mediante concepciones newtonianas, el concepto cobró fuerza como resultado de la primera solución a las ecuaciones de A. Einstein en su teoría general de la relatividad. La famosa solución se debe al físico alemán Karl Schwarzschild, quien puso de manifiesto la primera evidencia teórica de un agujero negro.

Existe un teorema importantísimo que permite etiquetar a uno de estos objetos, conocido como el teorema de No-Pelo. Este establece que un agujero negro queda completamente caracterizado por medio de tres parámetros: masa, rotación y carga eléctrica/magnética. El más simple, que solo tiene masa, es un agujero negro de Schwarzschild. Aquel que, además, rota y tiene carga eléctrica, es de Kerr-Newman. Si en lugar de carga eléctrica posee carga magnética, es Bardeen-rotante.

Es lógico pensar que si uno de estos cuerpos posee cierta carga eléctrica, atraerá a la opuesta hasta neutralizarse, por lo que es de esperarse que aquel que se halle en la naturaleza tenga masa y rote. A esta especie se le conoce como agujero negro de Kerr. La atención se centrará en este tipo particular de agujero negro.

Por otro lado, es importante señalar ciertas partes relevantes de un agujero negro. Posee un disco de acreción, que se trata de un conjunto de gas y polvo a altísimas temperaturas que orbita al objeto. Está también el horizonte de eventos, a partir del cual no es posible escapar, ni siquiera acelerando al máximo; esta región determina un punto de no retorno. Finalmente, está la enigmática singularidad: el punto en que tiempo y espacio se curvan al infinito, que hace a la teoría incapaz de describir lo que ocurre. No está del todo claro qué sucede exactamente al llegar a la singularidad.

Sin embargo, es importante indicar la existencia de una capa adicional: la esfera de luz. Se trata de aquella región a partir de la cual la luz ya no es capaz de escapar de los gravitacionales, marcando así la llamada sombra del agujero negro. En la siguiente sección se desarrollará más a fondo este concepto.

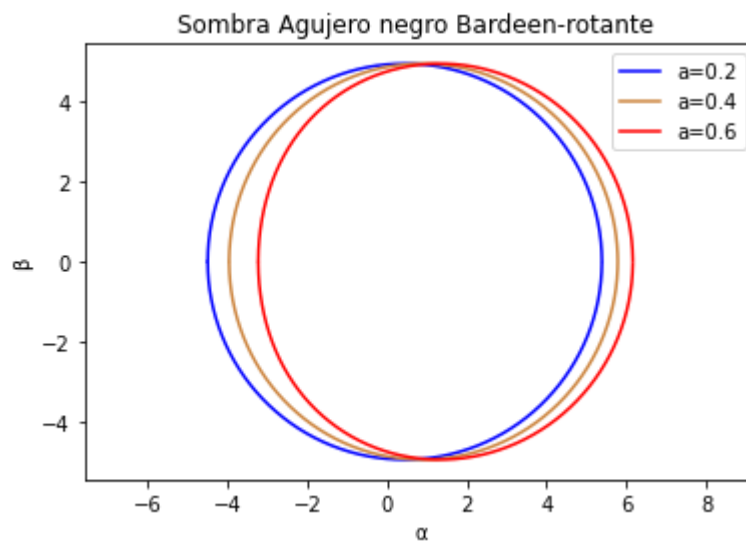
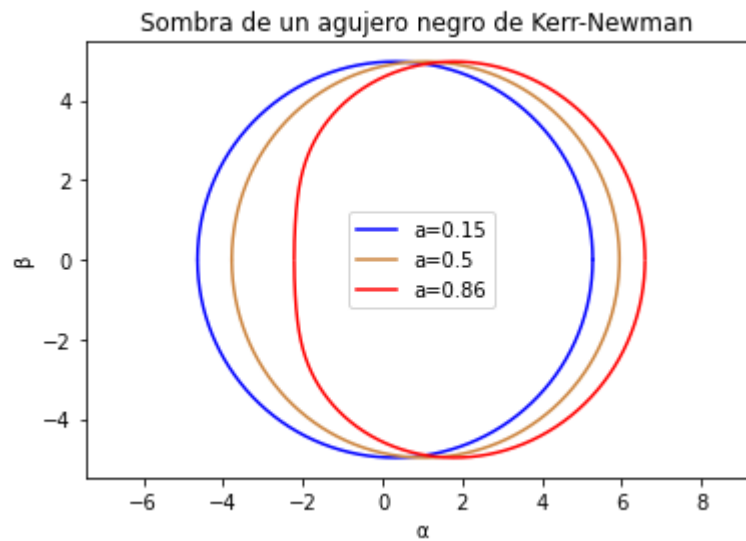
La sombra de un agujero negro

Esta región es el punto hasta el cual los haces de luz pueden aproximarse al agujero negro quedando en el limbo: entre la posibilidad de ser capturados por el enorme campo gravitacional, siendo devorados por el agujero negro, o de escapar al infinito. Aquellos haces que consiguen escapar son capaces de recorrer distancias lo suficientemente grandes como para llegar a los ojos de un observador o, más exactamente, a las lentes de un telescopio. Ya que esto delimita el límite al que puede acercarse la luz, lo que se puede observar no es el horizonte de eventos, que de alguna manera es la “superficie” del agujero negro, sino la sombra del mismo.

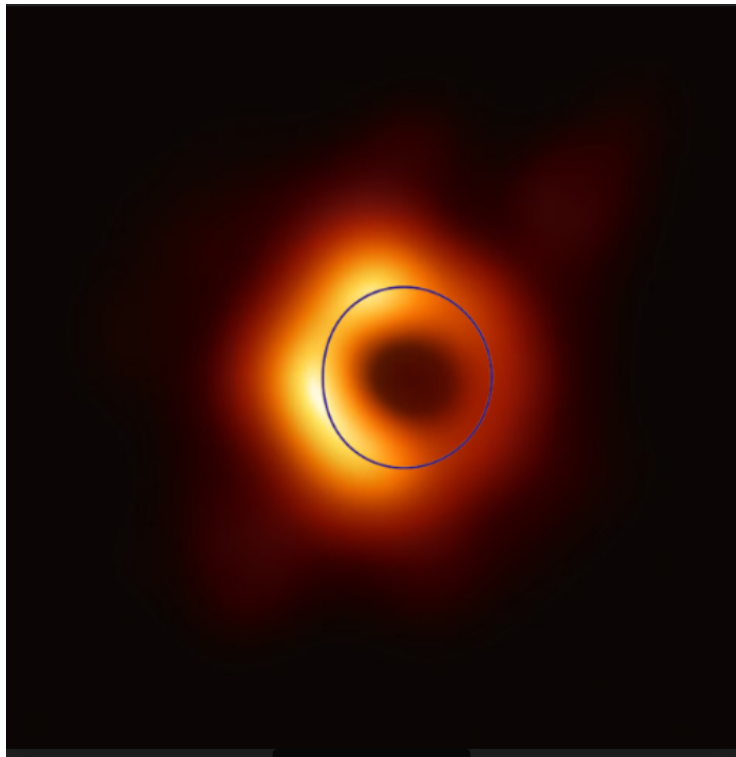
La forma que se consigue divisar de esta sombra es afectada directamente por las características del agujero negro al que pertenece.

Agujero de Kerr

A continuación se muestra la gráfica del contorno de la sombra correspondiente a la solución de Kerr:



Como a sombra del agujero negro en M87* con una de las gráficas obtenidas para Kerr.



Bibliografía/Referencias

- Wild, F. (10/07/2022). Black Holes.
<https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-a-black-hole-k4.html>
- Contreras, E., Ramirez–Velasquez, J.M., Rincón, Á. et al. Black hole
- Shadow of a rotating polytropic black hole by the Newman–Janis algorithm without complexification. Eur. Phys. J. C 79, 802 (2019). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-7309-z>
- Amarilla, L. (2013). Sombras de agujeros negros en teorías alternativas de gravitación (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Londoño Cardoso, Jefferson & Velasquez, Eduardo. (2017). Agujeros Negros de Kerr.
-
-