

La astrofísica lo hace nuevamente: Los agujeros negros son el objeto de estudio de los investigadores que obtuvieron el Premio Nobel en Física 2020

Miguel Angel Rojas Quesada*
miguel.rojas@itcr.ac.cr

Palabras clave:

Astrofísica, física, agujeros negros, Premio Nobel de Física.

Los enigmáticos agujeros negros han sido la fascinación de gran parte de la comunidad científica y del público general, quienes tratan de comprender un fenómeno alejado completamente de nuestra realidad; múltiples libros, obras artísticas y científicas han abordado este tema desde muchas perspectivas.

Hasta el momento no tenemos acceso a nada que pueda ser ligeramente parecido a lo que ocurre en los alrededores de estos objetos. Es un rompecabezas del que sólo tenemos unas pocas piezas, pero aun así intentamos obtener una visión lo más completa posible; por esto, para su estudio se requiere una alta dosis de imaginación, creatividad y un manejo prodigioso de las leyes de la física conocidas hasta ahora.

Dos ideas clave

La historia reciente de estos objetos nace con dos ideas claves de Albert Einstein: la primera es sobre la gravedad; para él, la masa genera una deformación del espacio-tiempo que percibimos como gravedad, similar a lo que ocurre cuando colocamos un objeto muy pesado en el centro de una superficie elástica, crea una deformación hacia la cual se verían atraídas las partículas que coloquemos sobre la superficie.

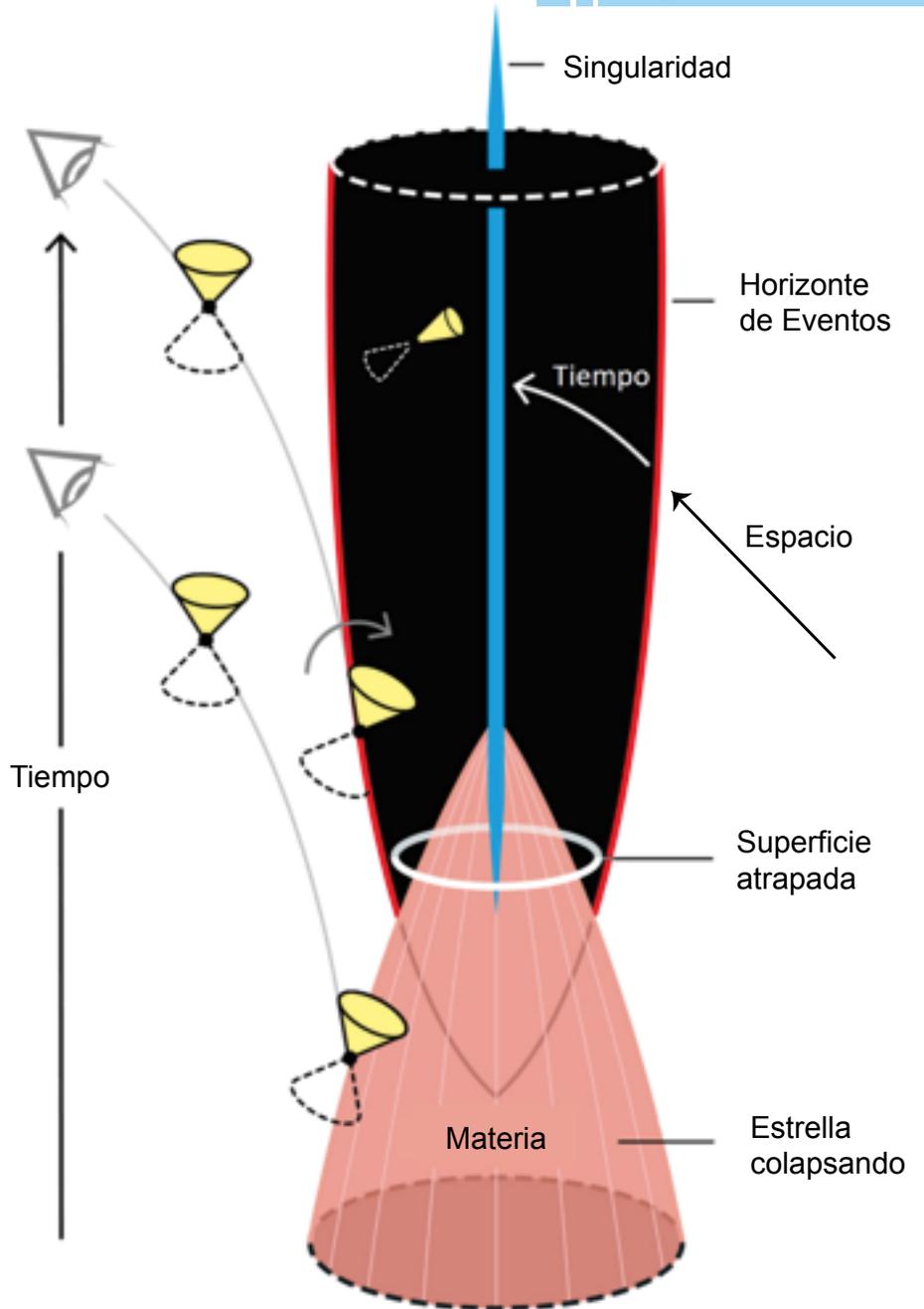


Figura 1: El diagrama se basa en el artículo de Penrose de 1965 y muestra el colapso de la materia en un agujero negro. En una superficie atrapada, todos los conos de luz se inclinan hacia adentro y la formación de una singularidad es inevitable.

Imagen: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences.

La segunda idea tiene que ver con la velocidad máxima con la que pueden moverse los objetos en el espacio; este límite es de alrededor de tres millones de kilómetros en un segundo y por supuesto que este valor está muy por encima de la rapidez de cualquier objeto jamás fabricado por los humanos. Según la teoría, esta velocidad en realidad sólo la podrían alcanzar las partículas sin masa (como los fotones de luz).

Aquí es justo donde surge la idea de un agujero negro ¿Qué pasaría si existiese un objeto celeste super masivo que lograra deformar el espacio hasta lograr que la velocidad necesaria para escapar de la gravedad fuera mayor que la velocidad máxima posible en el universo? Esto significaría que nada podría escapar de semejante monstruo gravitacional, una estrella oscura de la cual ni la luz podría escapar.

Esta es justamente la idea detrás de un agujero negro. Les llamamos así porque si no es posible que la luz escape de ellos, desde nuestra perspectiva observaríamos un espacio absolutamente negro. En principio, estos objetos super masivos podrían formarse si una gran cantidad de masa fuera atraída gravitacionalmente y colapsara (cayera) sobre un punto que tendría infinita densidad (singularidad).

Llevar las teorías al extremo es algo común en física, puesto que nos ayuda a imaginar qué pasaría en tales casos y si eventualmente coincide con lo que conocemos. Ahora bien, que algo sea posible dentro de una teoría no implica que deba ocurrir en la naturaleza; alguien sencillamente podría pensar que tal acumulación de masa en un pequeño espacio no ocurre en nuestro universo. De hecho, ni el mismo Albert Einstein consideraba que tal cosa existiese o fuese posible.

Modelo físico

La física está llena de aproximaciones, y aunque en muchas ocasiones esto les genera inquietud a las personas que la estudian, en realidad se trata de un esfuerzo por reducir la complejidad de un fenómeno natural a sus elementos más importantes y determinantes.

Un buen modelo físico es entonces aquel que simplifica lo suficiente el cálculo pero que no borra los elementos fundamentales que describen el fenómeno. Por ejemplo, si estudiamos la trayectoria de un balón de fútbol que es pateado por un jugador aquí en la Tierra, es razonable asumir que la gravedad de Júpiter y los demás planetas no influye de manera significativa en la trayectoria, por lo que es suficiente si consideramos la gravedad de la Tierra. Sin embargo, el rozamiento con el aire, la rotación del balón y su forma, sí pueden influir en la trayectoria de manera significativa, generando el famoso “chanfle” que podría resultar en una anotación. De esta manera determinamos cuáles simplificaciones son razonables y cuáles no.

Al inicio del estudio de los agujeros negros se hicieron algunas simplificaciones, se consideraron objetos perfectamente esféricos (simetría esférica) y, además, sin rotación. La primera condición podría

parecer razonable, dado que las estrellas que conocemos son básicamente esféricas. Sin embargo, no son perfectamente esféricas como se presume en la aproximación; además la segunda se aleja de lo que observamos hasta el momento, pues todos los objetos celestes normalmente rotan. De hecho, otros objetos masivos y compactos como las estrellas de neutrones, lo hacen con gran rapidez. En todo caso, ¿cómo saber si estas simplificaciones son pertinentes o no? No existían hasta el momento observaciones directas de estos objetos que parecían ser solamente un caso extremo y poco probable de una teoría ya de por sí bastante compleja.

Las observaciones

Sin embargo, la curiosidad humana no conoce límites y la comunidad científica continuó evaluando escenarios distintos para estos objetos teóricos: es aquí donde la genialidad de Roger Penrose entra en juego y es cuando surge la idea por la cual ahora es merecedor del premio Nobel en Física.

Este científico, utilizando herramientas novedosas de un área de la matemática llamada *topología*, demostró la posibilidad de que una singularidad se formara producto del colapso gravitacional de una gran cantidad de masa, pero sin asumir las condiciones de simetría esférica que se habían considerado hasta entonces. Esto es un cambio radical en la forma de estudiar estos objetos puesto que demuestra que, bajo condiciones realistas alcanzables en el universo, es posible que se dé la formación de una singularidad.

Cabe destacar que, para ese momento, ya se habían observado cuásares, objetos extremadamente brillantes y distantes, los cuales se presume que se forman justamente por el colapso gravitacional de mucho material. Las ideas de Penrose permiten darle un sustento a estas hipótesis puesto que muestran por primera vez un modelo realista de colapso que no requiere de aproximaciones excesivas, pero que de igual forma predicen la formación de una singularidad, la cual es además (según él mismo demostró) inevitable cuando se alcanza cierto valor de densidad.

Las ideas de este científico dieron un impulso importante a la teoría de formación de los agujeros negros, no solo porque demostró que la formación de una singularidad es posible en condiciones realistas, sino porque además introdujo el uso de herramientas matemáticas que permitieron a miembros de la comunidad el estudio de estos objetos.

Por otro lado, la parte teórica está acompañada del descubrimiento de Andrea Ghez y Reinhard Genzel. Ellos pusieron su atención en el centro de nuestra galaxia, donde se presume la existencia de un agujero negro. Esta región está cubierta de nubes de polvo y gas que dificultan su observación. Sin embargo, algunos de los telescopios más potentes del mundo (VLT y Keck) tienen la precisión suficiente como para observar las trayectorias de las estrellas muy cercanas al centro galáctico y siguiendo estos movimientos fueron capaces de estimar la masa del objeto invisible en el corazón de nuestra galaxia: ¡cuatro millones de masas solares!

Para esto fue necesario el desarrollo de una nueva área de la óptica -la *adaptativa*-, que permite corregir en tiempo real los efectos de distorsión de la luz que genera nuestra propia atmósfera. Por supuesto, esta nueva técnica tiene usos más allá de la astronomía y ahora se estudia sobre sus aplicaciones en otras áreas como la visión humana.

Los estudios de Ghez y Genzel son, además, un ejemplo de que la colaboración científica internacional es el camino para alcanzar metas más allá de lo imaginable. Además, los estudios se realizaron con observaciones que tardaron más de 30 años, lo cual denota los grandes esfuerzos de perseverancia y constancia que fueron necesarios para alcanzar resultados tan sólidos como los presentados.

Andrea Ghez es apenas la cuarta mujer (en comparación con 211 hombres) que ha recibido un Premio Nobel en Física desde su primera entrega en 1901, en parte porque han sido sistemáticamente excluidas de la ciencia y además porque sus aportes han sido subestimados. Persisten aún muchos retos hacia la igualdad en los campos científicos

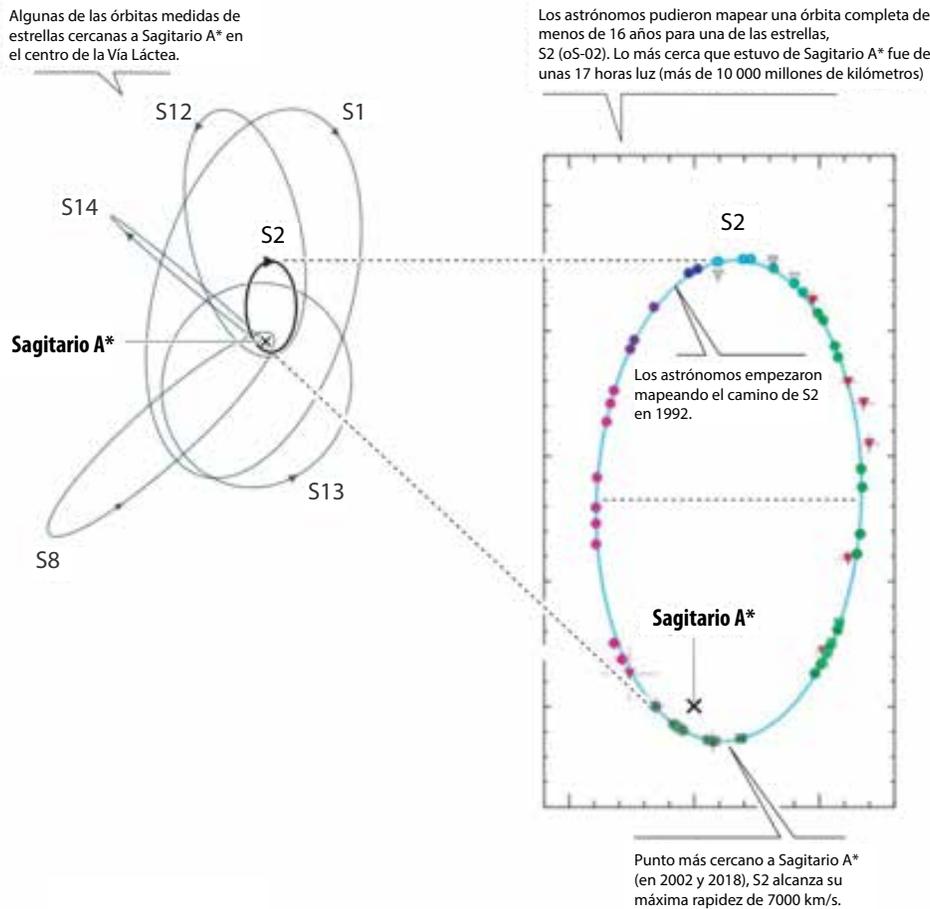


Figura 2: Estrellas más cercanas al centro de la Vía Láctea: las órbitas de las estrellas son la evidencia más convincente hasta ahora de que un agujero negro supermasivo se esconde en Sagitario A*.

Ilustración: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences.

y tecnológicos, por lo que la Dra. Ghez pretende servir de inspiración para que más jóvenes se animen a ingresar al campo. Para esto, ella les sugiere nunca dejar de dudar, puesto que de aquí surgen las ideas que luego generan los grandes descubrimientos.

Física cuántica y relatividad

El Premio Nobel en Física 2020 reconoce los cimientos del estudio teórico y experimental de estos apasionantes agujeros negros. Sin embargo, estos hitos de la astrofísica sólo son el comienzo de nuestra exploración; existen aún muchas incógnitas asociadas a estos objetos y todavía no se tiene claridad respecto a qué es lo que ocurre en su interior: ¿cómo se unen la física de lo pequeño (cuántica) con la física de los objetos muy masivos (relatividad)?

Recién en 2019 se logró captar la primera imagen de un agujero negro en el centro de la

galaxia M87. La imagen generada dio la vuelta al mundo y su construcción implicó el uso de nuevas técnicas que conectan radiotelescopios alrededor de toda la Tierra, lo que generó un poderoso instrumento llamado el Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT, por sus siglas en inglés). En los próximos años más instrumentos se irán sumando a la iniciativa global y aumentarán su capacidad.

Ya en 2017 Rainer Weiss, Barry Barish y Kip Thorne, ganaron el Premio Nobel por la formulación teórica y la detección de las ondas gravitacionales, las cuales se produjeron por la colisión de dos agujeros negros. Este descubrimiento implicó el despertar de un nuevo sentido, una manera nunca antes utilizada para explorar el universo y que de seguro traerá nuevas perspectivas sobre lo que ya hemos observado, pero que nos mostrará también fenómenos hasta ahora desconocidos.

De seguro nuevas sorpresas y respuestas a nuestras interrogantes vendrán en el próximo siglo y serán nuevos motivos para más Premios Nobel en el área de la astrofísica. ■

*Miguel Angel Rojas Quesada es profesor de la Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica; es miembro del Grupo de Astronomía, Astrofísica y Física Teórica (GRAAFT) y estudiante de la Maestría en Astrofísica de la Universidad de Costa Rica.