

# Agujeros negros

Un agujero negro constituye uno de los misterios más grandes del universo; Poseen características que los hacen objetos únicos en el cosmos, desde destruir estrellas enteras, hasta influir en el tiempo. Existen grandes físicos que contribuyeron enormemente en el conocimiento de estos objetos, como Stephen Hawking (1942-2018), Karl Schwarzschild (1873 - 1916). Si bien los misterios acerca de los agujeros negros son muchos y enormes, hay buenos conocimientos al respecto, algunos de los cuales se tratarán a continuación.

## Historia

En 1773 aparecieron las primeras ideas de una de las características de los agujeros negros, sin conocer su existencia. El astrónomo aficionado John Mitchell dedujo que las leyes de gravitación y movimiento de Newton determinaban que mientras mayor sea la masa de un objeto, mayor velocidad se necesitaría para escapar de su campo gravitatorio. Por lo que si tuviéramos una masa lo suficientemente grande ni siquiera la luz podría escapar de dicho campo gravitatorio.

En 1915, Albert Einstein con su teoría de la relatividad general mostró que la luz podía ser influida por un campo gravitatorio y con dichos conocimientos Karl Schwarzschild determinó el radio que debería tener cualquier objeto de cualquier masa para convertirse en un agujero negro. En 1939 Robert Oppenheimer predijo que los agujeros negros podrían formarse por una estrella en colapso gravitatorio.

Ya en 1967, Stephen Hawking y Roger Penrose determinaron que los agujeros negros son soluciones a las ecuaciones de la teoría de la relatividad de Einstein, comprobando así, que era posible la existencia de agujeros negros. Fue en 1971, cuando se sugirió que Cygnus X-1, ubicado en la constelación de Cygnus a 6000 años luz de la Tierra, una potente fuente de emisión de rayos X, era en realidad un agujero negro.

## Concepto

Antes que nada, un agujero negro NO es un agujero en el espacio.

Definiendo tejido espacio-tiempo como un modelo matemático que fue acuñado desde 1905 por la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein en el cual se relaciona el espacio y el tiempo como dos conceptos intrínsecamente relacionados. Podemos definir a los agujeros negros como una región finita del tejido espacio-tiempo con una cantidad de materia tan grande en un volumen tan pequeño que genera un campo gravitatorio tan intenso que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de él.

Más allá de que no son visibles, pueden ser detectados por las siguientes maneras:

- Efecto gravitacional sobre estrellas que lo orbiten haciéndolas moverse a porcentajes significativos de la velocidad de la luz.
- Lentes gravitacionales que son creadas por la intensa gravedad de los agujeros negros la cual curva la trayectoria de la luz de galaxias lejanas.
- Intensas emisiones de rayos X por la materia que cae en el agujero negro
- Ondas gravitacionales provocadas por la colisión de 2 agujeros negros.

## Tipos de agujeros negros

### De origen estelar

Estos agujeros negros tienen tamaños menores al de nuestro planeta. Se forman a partir del núcleo de una estrella masiva. Si bien la masa mínima no está completamente determinada, dicha masa se estima entre 2,25 y 3 masas solares y se denomina límite de Tolman - Oppenheimer - Volkoff.

### De origen galáctico

Estos agujeros negros son enormes; con masas de miles de millones de soles, se ubican en los núcleos de muchas galaxias. Se forman durante la formación de la galaxia misma. En nuestra galaxia se encuentra el agujero negro Sagitario A\*, con una masa estimada de 4 millones de veces la masa del Sol

### Teorema de no pelo

Este teorema afirma que sabiendo 3 magnitudes del agujero negro, la masa, el momento angular (su rotación) y la carga eléctrica, podemos caracterizar todo lo de un agujero negro.

### Agujero negro de Schwarzschild

Se define únicamente por su masa, no posee rotación ni carga eléctrica significativa.

### Agujero negro de Kerr

Se define por su masa y por tener momento angular (rotación). Se considera que los agujeros negros son de este tipo, ya que los que se forman por la muerte de una estrella tienden a incrementar mucho la rotación de la estrella original.

Los otros dos tipos, el Agujero negro de Kerr - Newman y el agujero negro de Reissner - Nordstrom no se consideran probables ya que si tuvieran carga eléctrica, seguramente atraigan del medio interestelar partículas de carga contraria y terminen eléctricamente neutros.

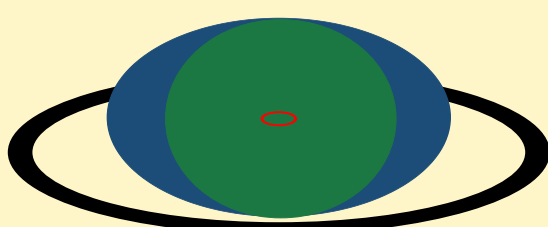
## Morfología de un agujero negro

Un agujero negro es un objeto esférico, pero no en sentido estricto; es esférico el horizonte de sucesos, que es una esfera de radio  $R$  y representa el punto de no retorno, dicho de otra manera, si algo sobrepasa el horizonte de sucesos no podrá volver a salir.

El horizonte de sucesos rodea completamente el punto donde se concentra toda la materia de un agujero negro, la singularidad. En este punto, las leyes de la física tal cual las conocemos no se cumplen.

Si un agujero negro está absorbiendo materia, ésta caera sobre él progresivamente formando un disco alrededor del horizonte de sucesos, el disco de acreción.

En un agujero negro de Kerr, existe una región denominada ergosfera de forma esferoidal es donde la fuerza gravitacional del agujero negro comienza a influenciar el movimiento de los objetos. Dentro del horizonte de sucesos se encontraría el horizonte de Cauchy (extremadamente inestable) que es la última capa del agujero negro antes de la singularidad (que en este caso tendría forma de anillo) más allá del cual las leyes físicas dejarían de cumplirse.



En un agujero negro de Kerr el anillo rojo representa la singularidad, el círculo verde el horizonte de sucesos, la elipse azul se denomina ergosfera y la elipse negra el disco de acreción.

## ¿Por qué la luz no escapa de ellos?

Es necesario introducir el concepto velocidad de escape. La velocidad de escape es la velocidad necesaria para escapar de la atracción gravitatoria de un astro. Para la Tierra es de 11,2 km/s y mientras más masa tiene el objeto, mayor será la velocidad de escape. Sin embargo, la velocidad de escape depende de 2 variables, la masa del astro y su radio. De esta manera, dos cuerpos de igual masa pueden tener diferentes velocidades de escape si sus radios son diferentes. De esta manera, si pudiéramos compromir la Tierra en una esfera de 1 cm de diámetro, la velocidad de escape sería mayor a la velocidad de la luz, tendríamos un agujero negro de la masa de la Tierra.

De esta forma, ninguna partícula conocida logra vencer el campo gravitatorio de un agujero negro ya que nada puede superar la velocidad de la luz. Sin embargo, todo esto de "vencer el campo gravitatorio", o "nada puede escapar de ellos" es si el objeto o partícula atraviesa el horizonte de sucesos. Un objeto puede orbitar un agujero negro, como ocurre con las estrellas del centro de nuestra galaxia que orbitan a Sagitario A\*.

## Radiación de Hawking

Si bien está completamente aceptado que un agujero no emite nada, ya que no refleja tampoco ningún tipo de radiación, existe una radiación propuesta en 1974 por Stephen Hawking, llamada radiación de Hawking, la cual se genera y emite desde el horizonte de sucesos del agujero negro.

Consiste en un par de partícula - antipartícula creadas, una dentro del agujero negro, la otra fuera, ambas destinadas a autoaniquilarse; la que está dentro desaparecería completamente, sin embargo la que está fuera podría escapar. Es esa partícula que escapa la que conforma la radiación de Hawking. Este par partícula - antipartícula, son creadas por un tiempo extremadamente breve, y surgen como consecuencia de las fluctuaciones cuánticas del vacío (consecuencia del principio de incertidumbre de Heisenberg). La emisión de esta radiación determina que el agujero negro pierda masa progresivamente y termine desapareciendo.