INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES-UNAM

Proyecto CONACyT No. 190800:
"Comunicación pública de la ciencia para comunidades extensas de gestión de la CTI"

Texto:
Miguel Alcubierre, Gabriela Frías, David Venegas

Asesoría científica:
Dr. Miguel Alcubierre Moya

Diseño gráfico e ilustración:
Alejandra Otero

Imágenes:
Chandra X-Ray Observatory/www.chandra.harvard.edu

www.nucleares.unam.mx

Instituto de Ciencias Nucleares

@icn

Instituto de Ciencias Nucleares UNAM

Unidad de Comunicación de la Ciencia

CONACYT

El término *agujero negro* no hace justicia a uno de los objetos más extremos del Universo. No son pozos sin fondo ni aspiradoras gigantes, pero su gravedad es tan intensa que ni siquiera la luz escapa a su atracción. Aunque varios científicos se han dedicado a estudiarlos, continúan siendo uno de los grandes misterios del Cosmos.

EN NUESTRO PLANETA O EN UNO PARECIDO

Si lanzamos algo hacia arriba, casi siempre vuelve a caer. Una pelota, una piedra, una bala, cualquier cosa, regresará al suelo por efecto de la fuerza de gravedad después de haber pasado cierto tiempo en el aire. Este tiempo es mayor entre más rápido la hayamos lanzado.

¿Será posible aventar algo tan rápido que no caiga nunca y se aleje hacia el Espacio? Pues sí. La velocidad a la que se debe lanzar un objeto para que no vuelva a caer se conoce como *velocidad de escape* y depende de dos características del cuerpo celeste desde donde lo lances: su masa y su tamaño.

Las nubes que vemos en el cielo pueden ser muy grandes; sin embargo, las diminutas gotas de agua que las forman están muy separadas entre sí. Si elimináramos el espacio entre las gotitas de agua que forman la masa de una nube, tal vez podríamos llenar un garrafón. El agua en este estado ocuparía un espacio mucho menor, aunque pesaría exactamente lo mismo que la nube original.

Mientras más comprimidas entre sí estén las partículas que constituyen la masa de un objeto, como una nube o un planeta, éste es más denso. Y entre más denso es un objeto, mayor es su velocidad de escape, es decir, la velocidad que se requiere para liberarse de su atracción gravitatoria.

A finales del siglo XVIII, John Michell, en el Reino Unido, y Pierre Simon de Laplace, en Francia, se preguntaron qué tan comprimida tendría que estar la masa de un objeto para que su velocidad de escape fuera tan alta que ni siquiera la luz (que viaja a la velocidad máxima posible en el Universo) pudiera librarse de su gravedad. Como la luz quedaría atrapada en el campo gravitatorio de la estrella, ésta no brillaría, por lo que sería una estrella oscura.

Según Michell y Laplace, para que el Sol se convirtiera en una estrella oscura, toda su masa tendría que comprimirse en un diámetro de tres kilómetros (que es una distancia que se puede recorrer caminando tranquilamente en un par de horas), y para que a la Tierra le ocurriera lo mismo, toda su masa tendría que caber en una canica de 1 cm de diámetro.

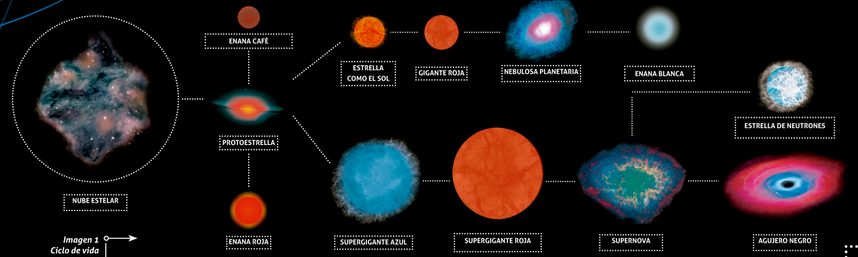


Imagen 1
Ciclo de vida de una estrella

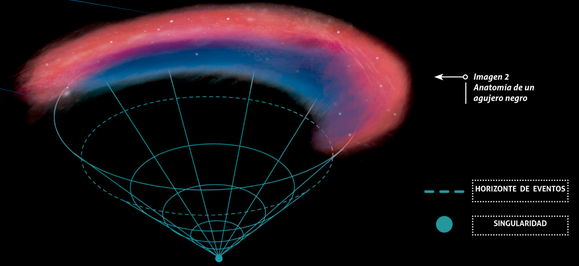


Imagen 2
Anatomía de un agujero negro

Michell y Laplace utilizaron la teoría de la Gravitación Universal de Isaac Newton para proponer la existencia de las estrellas oscuras. Pero a principios del siglo XX, Albert Einstein propuso una nueva teoría de la gravedad, conocida como la Relatividad General. En esta nueva teoría la gravedad no es ya una "fuerza de atracción", sino una manifestación de la curvatura en el espacio y el tiempo. En la teoría de Einstein las estrellas oscuras de Michell y Laplace tambin existen, pero ahora se les conoce como *agujeros negros*, y sus propiedades son mucho más extremas e interesantes.

La única dirección posible estando allí es hacia el centro del agujero, porque éste ya no es más un sitio en el espacio, sino un momento predeterminado en el futuro

A DISTANCIA SEGURA DE UN CUERPO OSCURO

Una vez que un cuerpo ha sido comprimido hasta su oscuridad, se produce a su alrededor un horizonte de eventos, la frontera de una región sin retorno. Si te encuentras afuera podrías escapar con una nave muy veloz, pero si estás dentro del horizonte, caerás inevitablemente hacia el centro del agujero.

Los agujeros negros sólo resultan peligrosos si uno se aproxima mucho al horizonte de eventos. Es más, si en este momento el Sol se convirtiera en un agujero negro, no notaríamos ningún cambio, más allá de que nos daría mucho frío y no habría luz. Tendrías que acercarte a unos pocos kilómetros del centro del agujero para quedar atrapado.

¿NOS ACERCAMOS?

Imagínate que subes a una nave espacial y te acercas al Sol después de que se ha convertido en un agujero negro. Mientras tanto, tu mejor amigo te observará desde la Tierra con un telescopio.

A medida que te acercaras, tu amigo vería que todo en tu nave sucede cada vez más lento. A este fenómeno se le conoce como *dilatación gravitacional del tiempo* y consiste en que, visto desde afuera, entre más intenso sea un campo gravitatorio, más lento pasa el tiempo para los objetos que estén dentro. Si te atrevieras a llegar hasta el horizonte de eventos, tu amigo vería que el tiempo en tu nave se ha detenido por completo, y te

quedarías estático para siempre en esa frontera. Debido a este efecto, a los agujeros negros se les llamó también "estrellas congeladas".

Pero lo extraño no termina allí: tú no notarías ningún cambio en ti ni en el transcurso del tiempo en tu nave al cruzar el horizonte, y si le enviaras un mensaje a tu amigo, podrías contarle que estás viendo transcurrir el futuro del Universo en cámara súper rápida. Sin embargo, ya no podrías comunicarte con tu amigo, pues hace mucho tiempo que ya no existiría. Por eso, la frontera del agujero negro se conoce como *horizonte de eventos*; nada que ocurra en el interior, por más violento que sea, puede afectar al exterior.

En la *singularidad*, los campos gravitatorios se vuelven infinitos y la física que conocemos ya no es válida

EL DRAMÁTICO ADIÓS

Al cruzar el horizonte de eventos del agujero negro, el espacio y el tiempo intercambian papeles. La única dirección posible estando allí es hacia el centro del agujero, porque éste ya no es más un sitio en el espacio, sino un momento predeterminado en el futuro. Como no es posible detener el tiempo, no podrías evitar caer al centro del agujero negro, donde te espera lo desconocido: un punto del espacio-tiempo llamado *singularidad*, donde los campos gravitatorios se vuelven infinitos y la física que conocemos ya no es válida.

Pero tú no llegarías a este punto con vida. La fuerza gravitacional te jalaría con mucho más fuerza los pies que la cabeza y terminarías pareciéndote a un espagueti. Después, tú y tu nave quedarían convertidos en un enjambre de partículas elementales al partirse en pedazos, que a su vez se parten en pedazos, que se parten en pedazos,... que finalmente chocarán con la singularidad.

DETECTAR LO INVISIBLE

Sabemos de la existencia de los agujeros negros gracias a las perturbaciones que producen en la materia que los rodea. Por ejemplo, se han detectado agujeros negros gigantes en el centro de las galaxias gracias a que, en estas regiones del Espacio, hay estrellas y gás que orbitan alrededor de zonas oscuras muy pequeñas. Al hacer los cálculos de la masa que se necesita para mantener atrapados a tantos soles, en relación con el tamaño tan reducido de la zona oscura, la única explicación es que se trata de un agujero negro.

Sin embargo, hasta ahora no se ha logrado observar ninguno directamente. Esto se debe a que, como estos objetos no emiten ni reflejan ningún tipo de luz, no generan ninguna señal que nuestros aparatos puedan captar. Pero sí hay algo que los agujeros negros producen en grandes cantidades.

Los agujeros negros producen ondas gravitatorias cuando se están "alimentando" de algún desafortunado objeto que pasó cerca de ellos, del mismo modo en que una campana o un gong emiten vibraciones en forma de sonido cuando los golpeamos. Las ondas gravitatorias se propagan a la velocidad de la luz a través del espacio-tiempo y modifican, a una escala de millonésimas de milímetro, la forma de los objetos que atraviesan.

Ya se han construido detectores de ondas gravitatorias en varios lugares del mundo, cuyo funcionamiento se basa en medir las variaciones, casi imperceptibles, que las ondas gravitatorias provocan en la forma de los objetos. Los rápidos avances en este campo parecen indicar que pronto tendremos aparatos capaces de escuchar directamente el sonido de las extrañas campanas oscuras del Cosmos.

Imagen 3
Agujero negro supermasivo

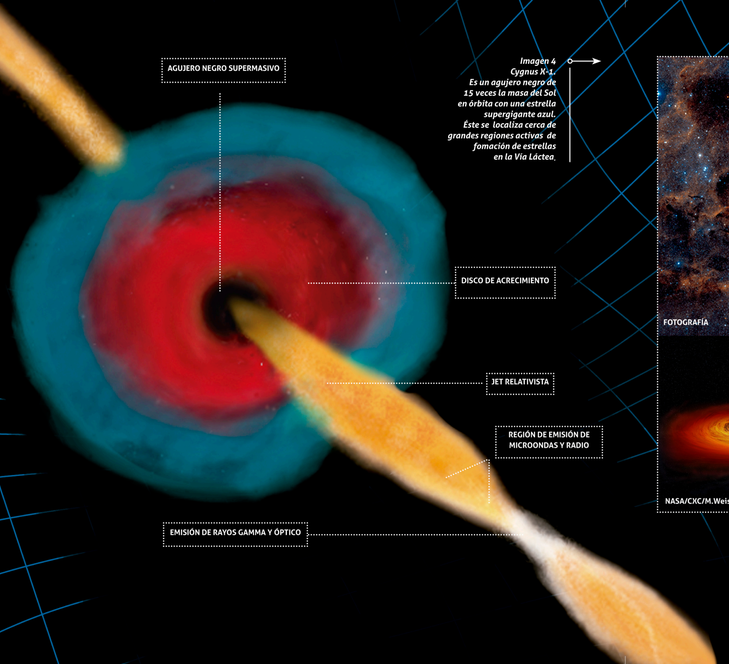
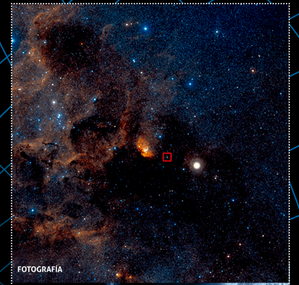
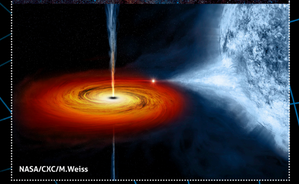


Imagen 4
Cygnus X-1.
Es un agujero negro de 15 veces la masa del Sol en órbita con una estrella supergigante azul. Éste se localiza cerca de grandes regiones activas de fomación de estrellas en la Vía Láctea.


FOTOGRAFÍA


NASA/CXC/M.Weiss

AGUJEROS NEGROS
UN ENIGMA CÓSMICO

Instituto de Ciencias Nucleares UNAM
Unidad de Divulgación de la Ciencia