

# Hoyos negros

Yessica Mireles Zavala.\*

Hacyan, Shahan. *Los Hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo*. México: FCE, 1998. (La Ciencia para Todos; 50).

El libro “Los hoyos negros y la curvatura del Espacio-Tiempo” escrito por el doctor mexicano Shahan Hacyan, utiliza un lenguaje ordinario con algunos términos y fórmulas complejas, pero entendible.

En el primer capítulo nos define a la velocidad de escape ( $V_e$ ) como la velocidad necesaria para que un cuerpo logre escapar de la atracción gravitacional que ejerce un cuerpo sobre éste. Basándose en este principio el francés Pierre-Simon Laplace concluye la posibilidad de que un cuerpo sea tan masivo que su velocidad de escape sea mayor que la velocidad de la luz y por lo tanto, los rayos de luz no escapen. A estos cuerpos Laplace los llamó cuerpos oscuros.

En el capítulo segundo “La teoría de la Relatividad de Einstein”, Shahan nos habla del principio de la Relatividad de Galileo, el cual establece que todo movimiento es relativo al sistema de referencia en el cual se observa y las leyes de la física no cambian de un sistema a otro; pero a mediados del siglo XIX este principio empezó a crear dificultades debido a que no es aplicable en fenómenos electromagnéticos (Ej. la luz). En 1905 Albert Einstein formuló “La Teoría de la relatividad”, según ésta, la velocidad de la luz es la misma en cualquier sistema de referencia, y ningún cuerpo puede alcanzar o superar la velocidad de la luz a excepción de la luz misma. Los efectos predichos en esta teoría son casi imperceptibles en nuestra vida cotidiana y sólo se manifiestan en velocidades comparables a la de la luz, por ejemplo la contracción del tiempo: si una nave espacial viaja a 295 000 Km/seg, a la estrella Sirio, tardaría 20 años medidos en la tierra para ir y regresar, pero para los tripulantes sólo habrían pasado 3 años!

La primera solución exacta de la ecuación de Einstein se debe al astrónomo inglés Karl Schwarzschild. El radio de Schwarzschild, es el radio la superficie esférica de un hoyo negro y es arbitrario a la masa del hoyo. Poco tiempo después de haber formulado su “Teoría de la Relatividad”, Einstein postuló que el espacio-tiempo es curvo y que la gravedad es la manifestación de esa curvatura. Pero ¿qué es el espacio tiempo? Es un espacio de cuatro dimensiones, tres espaciales (largo, ancho, alto) y una temporal. Un punto de ese espacio-tiempo será un suceso, especificado por cuatro coordenadas.

“La Muerte de las Estrellas” es el tercer capítulo, en éste, el autor nos narra que la vida y muerte de las estrellas dependen fundamentalmente de su masa, mientras más masiva sea una estrella, menor tiempo brilla porque consume su combustible nuclear más rápidamente que una poco masiva. Dependiendo de la masa, una estrella puede tomar tres rutas al final de su vida: enana blanca, estrella de neutrones y hoyo negro.

Enana blanca. Son las estrellas que se encuentran en la etapa final de su evolución, sólo pueden ser enanas blancas las estrellas que no excedan 1.5 veces la masa solar ( $2 \times 10^{30}$ kg). En una enana blanca la

---

\* Escuela Preparatoria de Irapuato.  
Universidad de Guanajuato.

materia se comprime hasta que sus núcleos atómicos se pegan entre sí formando una red cristalina en la cual los electrones se mueven rápidamente hasta formar un “gas de electrones”. Posteriormente la enana blanca sigue agotando su calor hasta volverse enana roja y finalmente enana negra: un cuerpo totalmente apagado.

Estrella de Neutrones. Estas estrellas deben de tener entre 1.5 y 2.5 veces la masa solar ( $2 \times 10^{30} \text{kg}$ ), en estas estrellas los electrones no pueden detener su compresión y se fusionan con los protones formando neutrones, posteriormente explotan cuando los electrones no logran detener su compresión y el núcleo estelar se comprime produciéndose una detonación nuclear en la que gran parte del centro es transformado en energía.

Hoyos Negros. Se forman cuando estrellas extremadamente masivas contraen toda su masa hasta comprimirse en un punto de tamaño nulo, donde la fuerza gravitacional es infinita, a este punto se le llamó *singularidad* del hoyo negro. Por esto el colapso gravitacional de dicha estrella debe acabar en la formación de un hoyo negro. La luz puede cruzar el horizonte del hoyo negro en un solo sentido: de afuera hacia adentro, y lo que ocurre dentro del horizonte está eternamente desconectado del resto del universo.

En el capítulo cuarto “Detección de Hoyos Negros” nos menciona que los hoyos negros son detectados por su atracción gravitatoria y por su acreción, ya que no emiten luz ni ninguna otra señal. ¿Qué es la acreción? Es el proceso por el que un cuerpo cósmico (estrella), atrae gravitacionalmente y absorbe el gas de sus alrededores. Un hoyo negro debe estar rodeado de gas para que produzca una acreción, a continuación se explicará de donde puede provenir ese gas:

Hoyos Negros en Sistemas Binarios: Frecuentemente existen dos estrellas formando un sistema binario en el que cada una gira alrededor de la otra. Se puede dar el caso de que una sea más masiva y evolucione más rápido hasta terminar en hoyo negro si la estrella menos masiva está arrojando parte de su atmósfera, una fracción de ese material es captado por el hoyo negro. El gas de dicha estrella fluye por una zona de su atmósfera localizada frente al hoyo negro y gira a su alrededor formando un disco de acreción. Como consecuencia de la fricción el gas del disco de acreción se calienta cada vez más a medida que se acerca al hoyo negro, y se calcula que la temperatura en la parte central del disco de acreción puede alcanzar millones de grados centígrados y lograr emitir rayos X.

Hoyos Negros y Núcleos de Galaxias: Los cuasares son los objetos más lejanos que se pueden observar en el universo, se encuentran a varios miles de millones de años luz de distancia. Observaciones recientes han revelado la existencia de algunas galaxias cuyos núcleos presentan semejanzas a los cuasares (emisiones de gas de sus núcleos llamadas chorros y emisiones de radio). En las galaxias que poseen chorros éstos emergen de una región central cuyo tamaño es extremadamente pequeño con respecto a la galaxia, para explicar este fenómeno los astrofísicos plantean la existencia de hoyos negros gigantes que podrían producir los fenómenos observados.

A diferencia de los hoyos negros formados por el colapso de una estrella, el origen de los hoyos negros gigantes o supermasivos es aún incierto, aunque existe la posibilidad de que se hayan formado en los primeros instantes del universo, como a continuación se describe:

Hoyos Negros Primordiales: Según la Cosmología, el universo tuvo su inicio en “La Gran Explosión” hace 15 mil millones de años. Inicialmente la materia debió estar distribuida uniformemente, pero debido al movimiento caótico se pudieron formar zonas más densas que el promedio (como

grumos que se forman en una pasta). Una vez aparecido un grumo comenzó a contraerse por su fuerza gravitatoria y a atraer materia de sus alrededores.

Se piensa que las galaxias tuvieron su origen en estos grumos cósmicos que aumentan su tamaño y concentración. Por el mismo proceso se pudieron haber formados hoyos negros de cualquier masa, los mayores atrajeron materia de su alrededor y formaron así las galaxias, de ser así debería de existir un hoyo negro en el centro de cada galaxia.

“Un Viaje por Hoyos Negros (y Blancos)” es el quinto capítulo, y el autor se refiere por primera vez a los hoyos eternos, los cuales presentan una singularidad doble, una singularidad en el pasado y una en el futuro, entre éstas, hay un momento en el que ambas se conectan, ese momento es llamado Puente de Einstein-Rosen (también llamado Hoyo de gusano). Visto desde lejos, en un hoyo eterno, solamente puede verse la singularidad pasada, y se verá rodeada de un horizonte que deja pasar la materia en un solo sentido de adentro hacia fuera, lo contrario a un hoyo negro que es de afuera hacia adentro, por esto se le ha bautizado hoyo blanco. Dejando a un lado la vista de lejos, un hoyo eterno es blanco en el pasado y negro en el futuro. Algunos curiosos podrán hacerse la siguiente pregunta: ¿Se puede viajar a través del Puente Einstein-Rosen? Pero su respuesta no es muy alentadora, ya que todo intento de pasar de un universo a otro a través del puente está condenado al fracaso. ¿Por qué? Imaginemos un observador (no terrestre) nacido del hoyo blanco el cual llega al horizonte del hoyo blanco y se adentra en nuestro propio universo a partir de ese instante puede ver lo que sucede fuera de su hoyo blanco, es decir, ve en un instante, a lo lejos, lo que ocurrió en el pasado, esto a un alto costo, debido a la contracción infinita del tiempo de los procesos externos, quien emerge de un hoyo blanco recibe con energía infinita cualquier radiación emitida en el exterior.

Sólo una partícula que viaje más rápido que la luz lograría penetrar al hoyo eterno, evitar la singularidad y salir en el otro universo, pero la física actual excluye la posibilidad de viajar a mayor velocidad de la luz. ¿Existen partículas más rápidas que las de la luz? Aunque se ha especulado sobre la existencia de partículas que se mueven más rápido que la luz, los hipotéticos taquiones, no se han encontrado evidencia de que sean reales, de serlo se producirían situaciones contradictorias como regresar el tiempo.

“Hoyos Negros, Termodinámica y Mecánica Cuántica” es el título del sexto y último capítulo, en él Shahen nos explica que la temperatura de un hoyo negro es inversamente proporcional a su masa. Para un hoyo negro cuya masa sea comparable a la del sol, la temperatura es extremadamente baja, una millonésima de °C sobre cero absoluto, y la radiación de un cuerpo a esta temperatura es completamente indetectable, pero entonces ¿Cómo es posible que un hoyo negro emita radiaciones? Un hoyo negro radia a costa de evaporarse, es decir; de perder energía y por lo tanto masa. La radiación de los hoyos negros es un efecto producido por la gravedad sobre el vacío cuántico. Y ¿qué es el vacío cuántico? Se puede crear una partícula a partir del vacío, si su tiempo de vida es extremadamente corto, a estas partículas se les llama partículas virtuales, por ejemplo: surgen en el vacío un par virtual, un electrón y un positrón (cuya carga es cero para no alterar el principio de carga eléctrica) que desaparecen en un tiempo menor a  $10^{-22}$  segundos. A este vacío se le llama vacío cuántico. Es posible que existan hoyos negros microscópicos virtuales, con masas menores a los  $10^{-5}$  grs. que se evaporan en  $10^{-44}$  seg. Así que los hoyos negros con masa menor a lo  $10^{-5}$  grs. pueden crearse de la nada y evaporarse sin violar la ley de la conservación de la masa y pasar inadvertidos. El hoyo negro virtual puede tener un radio máximo de  $10^{-33}$  cm ( $10^{20}$  veces menor que el radio de un electrón), esta debe ser la distancia característica de otro nivel de la naturaleza, del mundo subatómico donde rigen las leyes aún desconocidas de la gravedad cuántica.

### Opinión Personal

No resulta tan increíble cómo el gran titán que es el universo encierre fenómenos poco comprensibles para los seres humanos y hasta cierto punto *absurdos* como los que ocurren dentro de un hoyo eterno.

A pesar de que la mayoría de las hipótesis y teorías acerca de los hoyos eternos, blancos y eternos, están basadas en fórmulas tan inestables, como una canica en la punta de un alfiler, no podemos negar que el universo es aún desconocido para nosotros, además en Física Teórica no siempre se puede decir la última palabra.

Un suave pensamiento me hace imaginar, que tal vez la realidad sea como alguna vez dijo Albert Einstein: "*La materia es infinitamente grande como lo es infinitamente pequeña*". Y tal vez los hoyos negros virtuales existan, y nuestro universo sea subatómico a otros, y nuestra galaxia se encuentre en un hoyo negro y nosotros en él, y nuestra vida en él, y tal vez nuestra alma sea ese hipotético taquión y la muerte no sea otra cosa que cruzar el Puente Einstein-Rosen.....

SÓLO TAL VEZ.