



Curiosidad

CURIOSIDAD

LAS ONDAS GRAVITACIONALES

Julieta Fierro*

Los astrónomos cuentan con una nueva herramienta para explorar el universo: las ondas gravitacionales. Hasta hace poco, casi toda la información se obtenía a partir del análisis de la luz y del resto de la radiación electromagnética.

Albert Einstein predijo que el espacio se curva en presencia de cuerpos con gran cantidad de materia. Así como cuando aventamos una pelota cae hacia la Tierra, siguiendo una parábola, la luz cae hacia los cuerpos muy masivos formando una trayectoria curva. Podemos imaginar que el universo está lleno de líneas plegadas invisibles, por donde se desplazan los astros y los rayos de luz: como si el universo fuera una inmensa cuadrícula de cuatro dimensiones, tres espaciales y una temporal.

*Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: julieta@astro.unam.mx

Si se deja caer una piedra sobre un charco, avanzan ondas en el charco. Si por algún motivo aumenta la gravedad en algún sitio, por ejemplo, si chocan dos estrellas de neutrones, las líneas de la cuadrícula cósmica se agitan y la perturbación avanza, de manera similar a como avanzan las ondas en el charco de agua; la velocidad de propagación de las ondas gravitacionales es igual a la velocidad de la luz.

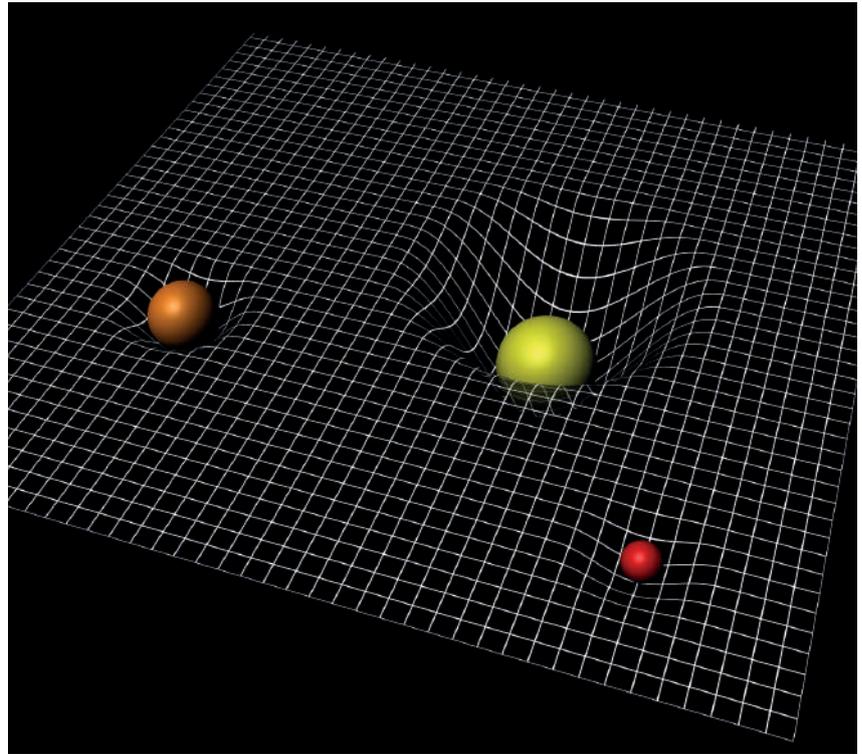


Figura 1. Albert Einstein predijo la curvatura del espacio (ESA).

Aunque Einstein predijo la existencia de ondas gravitacionales, hasta ahora no había sido posible medirlas. Para conmemorar los 100 años de los cinco primeros artículos de Einstein, en 2005 se colocaron tres satélites en órbita a la misma distancia de la Luna con la esperanza de que, al pasar una onda gravitacional, dos de ellos se alejaran y acercaran al mismo tiempo que el tercero y la Luna se acercaran y alejaran a la misma frecuencia. El experimento no tuvo éxito porque los posicionadores globales de la época no eran lo suficientemente sensibles como para detectar movimientos tan pequeños de manera precisa. Sin embargo, gracias a este intento, los posicionadores se han perfeccionado y ahora nos beneficiamos todos los días con ellos, ubicando nuestra posición con toda facilidad. Ahora se están construyendo nuevos satélites con mejores instrumentos para tratar de detectar el paso de ondas gravitacionales.



Figura 2. Los fenómenos gravitacionales producen perturbaciones en la estructura del espacio-tiempo (Physics World).

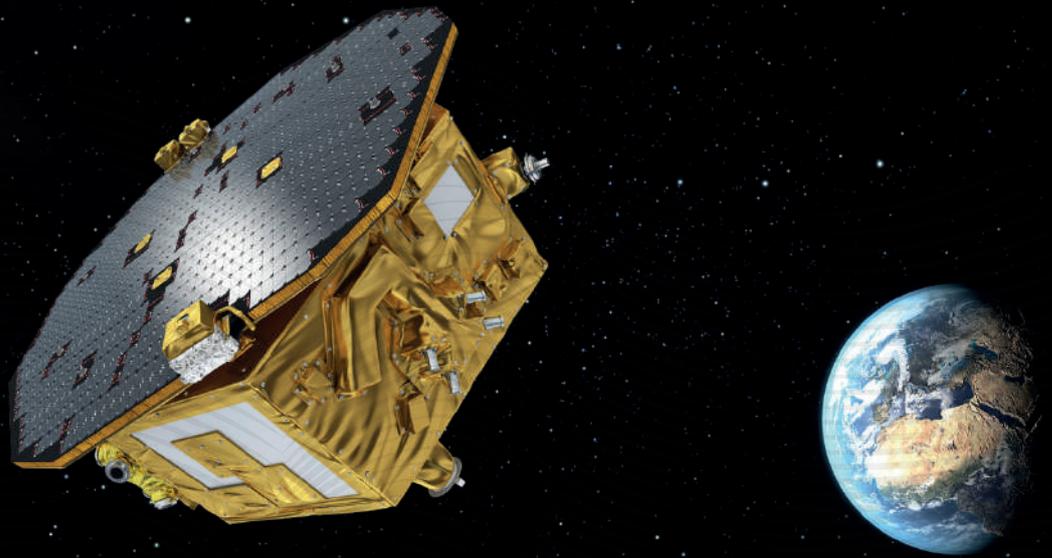


Figura 3. Pronto existirán laboratorios en órbita para medir el paso de ondas gravitacionales. Por ejemplo, LISA, que las detectará midiendo cómo varían las distancias de objetos en caída libre que lleva a bordo (ESA-C. Carreau).

Por fin, el instrumento Ligo detectó el paso de ondas gravitacionales cuando dos hoyos negros de unos 100 km de diámetro se fusionaron en uno solo. Cuando los objetos se unificaron, parte de su masa se transformó en ondas gravitacionales, lo que produjo una señal muy intensa en Ligo. Las masas iniciales de los hoyos negros fueron de 36 y 29 masas solares, respectivamente. De éstas, tres masas solares se transformaron en energía gravitacional en 0.2 segundos.

El detector de ondas gravitacionales utiliza una propiedad de la luz conocida como interferometría. Estos patrones se producen cuando las ondas luminosas se suman o restan. El lector ha observado patrones de interferencia al mirar la luz de un foco a través de una cortina de gasa. Esta propiedad se puede utilizar para medir desplazamientos con enorme precisión. Si dos espejos están a la misma distancia de un detector o a una distancia distinta, el patrón de interferencia variará, porque el paso de las ondas gravitacionales deforma la Tierra. Es complejo medir las ondas gravitacionales, ya que producen oscilaciones del tamaño de un átomo para detectores separados varios kilómetros. ¡Es la distancia menor medida en la historia de la humanidad!



Figura 4. Patrón de interferencia (Sybille Yates).

El experimento Ligo hace lo siguiente: se colocan dos espejos a la misma distancia de un detector. Si reflejan un haz de luz de un rayo láser, éste produce un patrón de interferencia predeterminado. Si la distancia entre el detector y los espejos varía, cambiará el patrón de interferencia y se podrá conocer con gran precisión cuál fue el desplazamiento de los espejos.

Para lograr esta hazaña se utiliza un rayo láser que incide sobre un espejo que lo divide en dos haces sobre dos espejos equidistantes. Los espejos reflejan el haz que regresa al espejo divisor, éste los redirecciona a un detector que genera el patrón de interferencia. El patrón de interferencia permanece inalterado mientras los espejos permanezcan a la misma distancia. Si los espejos cambian ligeramente de posición, el patrón se modificará.

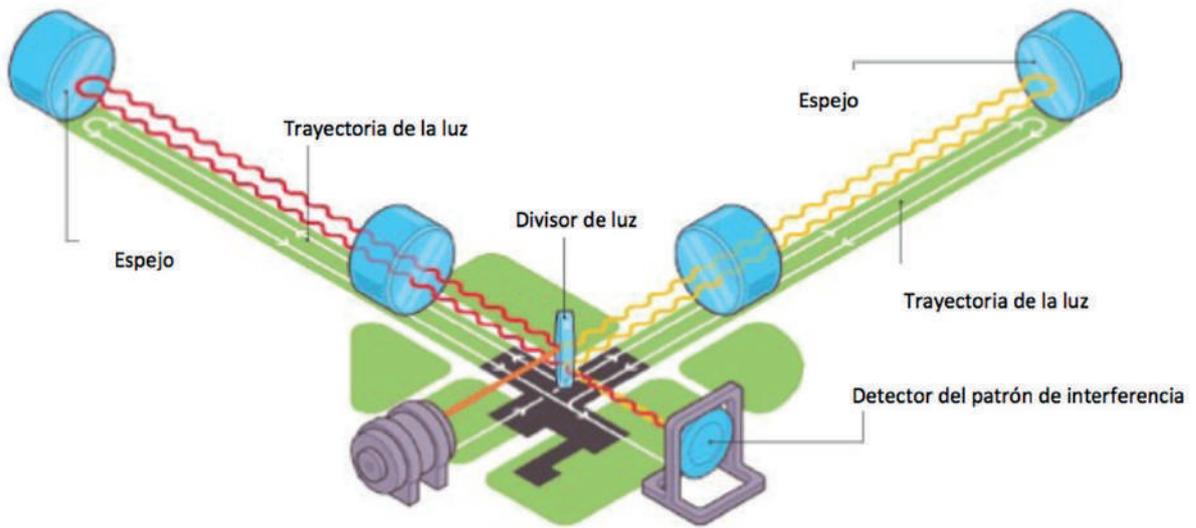


Figura 5. Interferómetro que empleó Ligo para medir el paso de las ondas gravitacionales.

Para tener la seguridad de que la señal que pudiera llegar a Ligo y mover los espejos fuera en realidad una onda gravitacional se construyeron dos equipos iguales, colocados a 3000 km de distancia. Las únicas señales válidas serían las idénticas que llegarán de manera cuasi simultánea a los dos detectores.

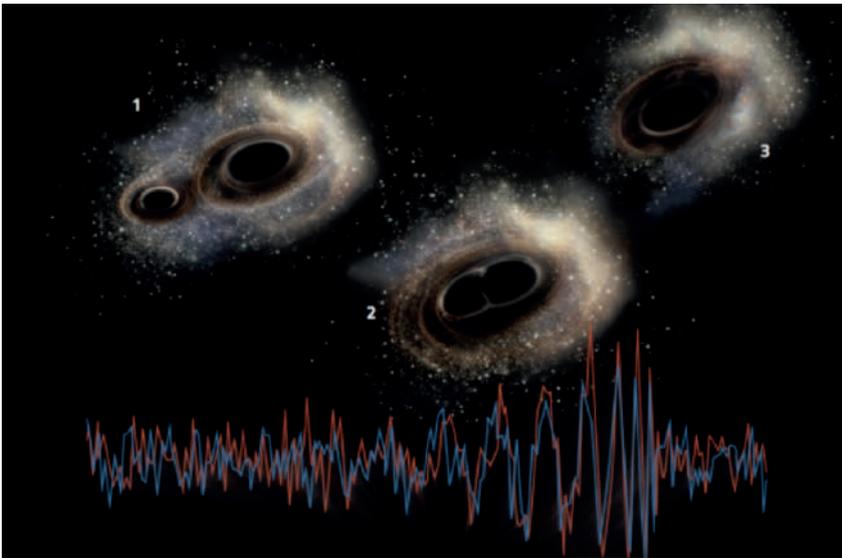


Figura 5. Ilustración de dos hoyos negros y la señal detectada por los dos laboratorios Ligo, conforme se fueron acercando (1, 2), y al colisionar (3) (Ligo).

Gracias a las ondas gravitacionales podremos estudiar los objetos cuya gravedad es inmensa, como los hoyos negros de millones de masas solares que están en los centros de las galaxias.

Las ondas gravitacionales no sólo son una gran herramienta para detectar eventos muy energéticos en el cosmos, también nos aportan conocimiento básico en Física, además la tecnología desarrollada para estos descubrimientos se traduce en productos de innovación que a la larga benefician a millones de seres humanos. Aunque el objetivo de la ciencia es sólo avanzar el conocimiento, es innegable la enorme cantidad de productos que ha generado y que empleamos todos los días para hacernos más grata la existencia.