

# Premio Nobel de Física 2017: El descubrimiento ondas gra

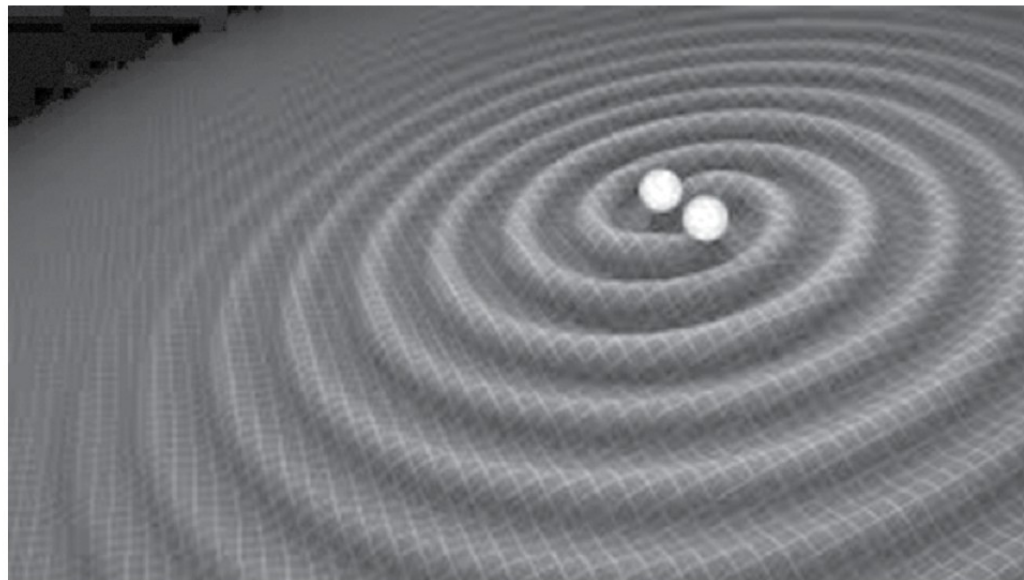


Figura 1. Generación de ondas gravitacionales por grandes masas en movimiento

**Alejandro Ramírez Solís**  
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos  
 Centro de Investigación en Ciencias-IICBA,  
 Universidad Autónoma del Estado de Morelos

El premio Nobel de Física de este año fue otorgado a Rainer Weiss, Barry C. Barrish y Kip S. Thorne por "contribuciones decisivas en el detector LIGO y por la observación de ondas gravitacionales." Las ondas gravitacionales fueron predichas por Einstein poco tiempo después de concluir su formulación de la Teoría General de la Relatividad en 1916 [1]. LIGO son las siglas en inglés del consorcio internacional "Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory" [2]. A fines del 2016, más de 50 Universidades y Centros de Investigación de todo el mundo conforman el consorcio científico LIGO [3]. El año pasado, en esta misma columna, W.L. Mochán trató el tema en un artículo de esta serie titulado "Qué Ondas con la Gravedad" y es un excelente texto [4].

El Universo tiene una enorme cantidad de objetos maravillosos y allí ocurren cada segundo muchos eventos fascinantes. Los telescopios nos han dado la posibilidad de observar y conocer estos objetos y cada vez que un nuevo telescopio se ha puesto en operación, hemos descubierto algo nuevo y fundamental de nuestro Universo. El primer telescopio, el de Galileo, mostró las lunas de Júpiter

y esto destruyó para siempre la idea de que la Tierra era el centro del Universo. En 1917, usando el telescopio de cinco metros del Monte Wilson, Edwin Hubble descubrió la existencia otras galaxias, mostrando que la Vía Láctea no es más que una entre millones de millones de éstas. En la década de los 60 del siglo pasado, durante la guerra fría, los satélites Vela fueron puestos en órbita para detectar los rayos gamma que surgen de una explosión nuclear; funcionaron para ese propósito pero también descubrieron explosiones de rayos gamma provenientes del espacio, cuyo origen fue identificado como la explosión mortal de una estrella, un evento tan violento que puede ser visto desde cualquier punto del Universo entero.

El 27 de septiembre pasado, científicos del consorcio LIGO anunciaron la observación casi simultánea de ondas gravitacionales en tres detectores diferentes, el primero en Italia y los otros dos en los Estados Unidos de América.

Literalmente, hace mucho, mucho tiempo y en un lugar muy, pero muy lejano, dos hoyos negros estuvieron atrapados girando uno alrededor del otro por eras enteras hasta que la gravedad las llevó a una colisión mortal ineludible. Durante algunos milisegundos la energía equivalente a tres veces la masa de nuestro Sol fue liberada en forma de ondas gravitacionales que resonaron en todo el Universo.

Las ondas gravitacionales aparecen cuando el **tejido** del espacio-tiempo se distorsiona por el movimiento de grandes masas. (utilizo la palabra *tejido*, como una metáfora con la que quiero enfatizar que el espacio y el tiempo están íntimamente ligados y son inseparables) En el anuncio de la semana pasada se dio a conocer que dos hoyos negros con masas 31 y 25 veces la de nuestro sol, se fusionaron para formar un nuevo hoyo negro con una masa solar total de 53 unidades. Podemos darnos cuenta que la suma de las masas de los dos hoyos es mayor que la masa del hoyo negro fusionado en tres unidades. La diferencia, estas tres masas solares, fue emitida como radiación en forma de ondas gravitacionales; la energía gravitacional emitida por la fusión de estos pequeños hoyos negros brilló más fuerte que la luz emitida por todas las estrellas de todas las galaxias del Universo conocido. Después de 1800 millones de años, la perturbación provocada en el tejido del espacio-tiempo por esta fusión de hoyos negros nos alcanzó, atravesando la Tierra.

El 14 agosto pasado tres detectores registraron el paso de las ondas gravitacionales generadas en ese evento. Dos de ellos en EUA son los llamados LIGO (uno en el estado de Washington y el otro en Luisiana); el tercer detector es llamado Virgo y está cerca de Pisa, en Italia.

Todos los detectores son interferómetros ópticos y tienen forma de L, cada uno con brazos

de cerca de cuatro kilómetros de largo. Estos detectores usan láseres y espejos de forma que estos extraordinarios aparatos son capaces de medir cambios minúsculos en la longitud de los brazos de los detectores, identificando así el paso de las ondas gravitacionales.

En febrero de 2016 se realizó la primera observación directa de ondas gravitacionales usando sólo los dos detectores LIGO en Estados Unidos, seguido de una segunda observación en junio de 2016. La adición de un tercer detector en la red representa un avance enorme ya que permite la precisa localización en el espacio de la fuente que genera las ondas gravitacionales. Al igual que una red de sensores sísmicos se emplea en la detección del origen de un terremoto, empleando detectores múltiples y midiendo con extraordinaria precisión el tiempo de llegada de las ondas gravitacionales, los científicos pueden triangular y determinar con gran precisión la direc-

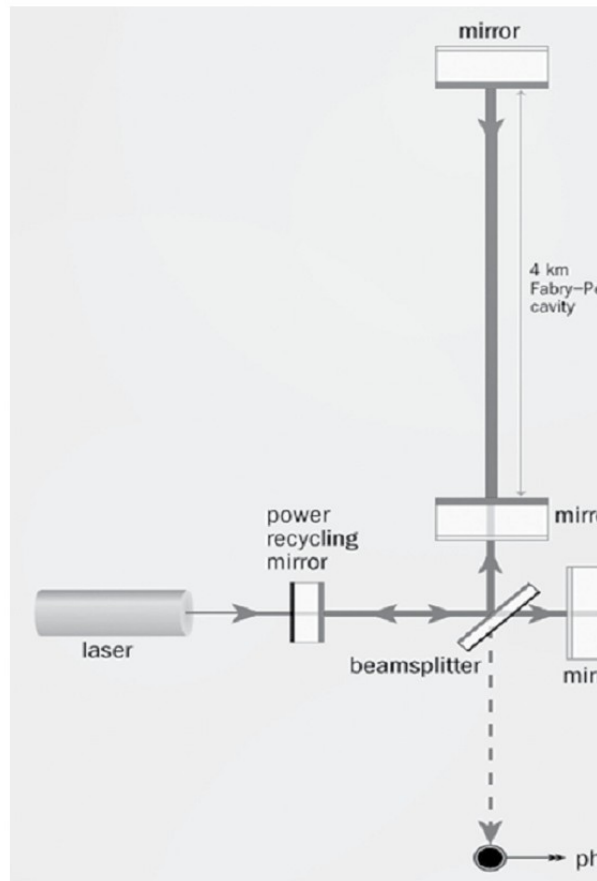


Figura 2. Diagrama esquemático del interferómetro LIGO

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx



# vitacionales en la Tierra

ción en el espacio de dónde proviene la perturbación gravitacional.

Al acoplar el detector Virgo en Italia con el par de detectores LIGO en EUA, las mediciones de los científicos aumentaron un factor de 10. Para poder hacerlo, es necesario hacer una sincronización ultra-precisa de los detectores que sólo es posible con relojes atómicos. En el caso de la última observación, Virgo detectó la llegada de la onda apenas 14 milisegundos antes que el detector en Luisiana y éste, seis milisegundos antes que el detector en Hanford, Washington [5]. Se ha previsto ya la inclusión de un nuevo detector llamado Indigo en la India, que será una copia exacta del detector LIGO en Estados Unidos, lo que redundará en una mayor precisión en las mediciones futuras de ondas gravitacionales. Se recomienda al lector acceder al video de la ref. [6] para una comprensión gráfica de las ondas gravitacionales. Aquí podemos preguntarnos

¿porqué son importantes los observatorios de ondas gravitacionales? La respuesta mas simple sería: porque pueden verificar la validez de la Teoría General de la Relatividad (TRG) de Einstein. Sin embargo, esta respuesta no es la única ni la mas satisfactoria. La TRG ha sido confirmada miles de veces, incluyendo el simple hecho de que el GPS en cada uno de los teléfonos celulares no funcionaría si la TRG no fuera cierta. Una respuesta mejor involucra una ciencia pura, la astronomía. Los hoyos negros son los cadáveres de estrellas muertas, tan masivos y compactos que impiden incluso que la luz pueda escaparse de ellos. Literalmente no podemos verlos y, hasta antes de LIGO, sólo podíamos inferir su existencia por los efectos gravitacionales sobre sus vecinos, o por los rayos X emitidos por el gas caliente que es devorado a velocidades cercanas a las de la luz por los hoyos negros. Sin embargo, un hoyo negro

aislado es invisible. Sólo interactúa por su gravedad y únicamente emite radiación gravitacional cuando se está moviendo. De modo que los detectores como LIGO o Virgo son la única forma de "verlos". Estos detectores son "telescopios de hoyos negros" Es notable que, aun con las muy pocas observaciones de ondas gravitacionales hechas hasta la fecha (hasta ahora solo hay cuatro eventos registrados de manera fehaciente, las primeras mediciones de LIGO y ahora, una más con Virgo acoplado) se han dado grandes sorpresas para físicos y astrónomos. Hasta el año 2016, los astrónomos creían que sólo existen dos clases de hoyos negros: los hoyos negros de tipo estelar con masas no mayores

a 10 veces la del Sol, y la clase de hoyos negros llamados "supermasivos" que se han encontrado en el centro de muchas galaxias, con cientos de miles o miles de millones de masas solares. Los hoyos negros con 30 masas solares son un descubrimiento completamente inesperado y, sin embargo, esto es justamente lo que LIGO y Virgo han encontrado.

Si la historia nos ha enseñado algo, es que cada vez que los humanos desarrollamos nuevas formas de observar y medir el Universo, nuevas sorpresas nos esperan y, frecuentemente, éstas implican cambios fundamentales en los paradigmas de nuestro *Imago Mundi*.

Referencias  
[1] Castelvechi D y Witze A. (11

de febrero de 2016). *Einstein's gravitational waves found at last* Nature News. doi:10.1038/nature.2016.19361

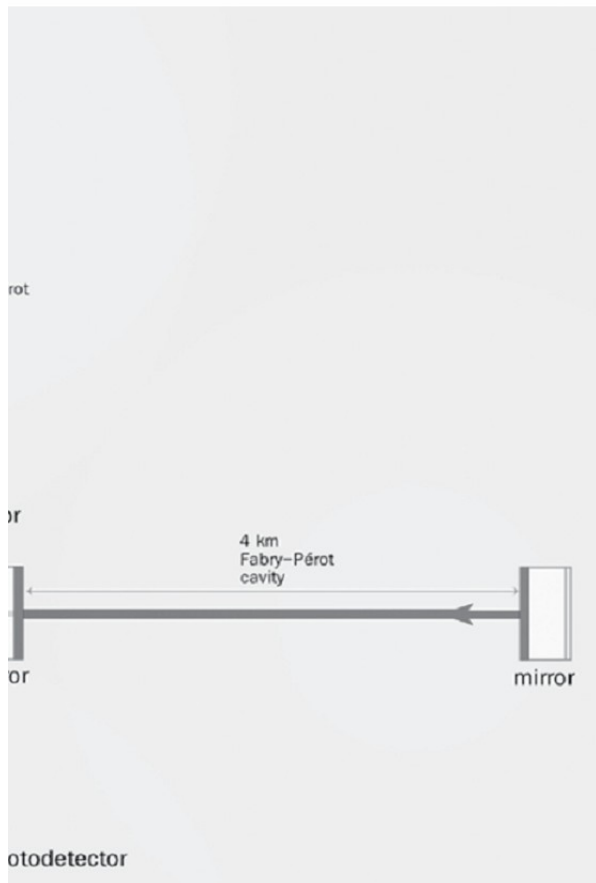
[2] Twilley N. *Gravitational Waves Exist: The Inside Story of How Scientists Finally Found Them*. The New Yorker. ISSN 0028-792X

[3] [https://es.wikipedia.org/wiki/LIGO\\_Scientific\\_Collaboration](https://es.wikipedia.org/wiki/LIGO_Scientific_Collaboration)

[4] [http://www.acmor.org.mx/descargas/16\\_feb\\_29\\_ondas.pdf](http://www.acmor.org.mx/descargas/16_feb_29_ondas.pdf)

[5] [http://www.lemonde.fr/cosmos/article/2017/09/27/premieres-ondes-gravitacionnelles-detectees-en-europe\\_5192492\\_1650695.html](http://www.lemonde.fr/cosmos/article/2017/09/27/premieres-ondes-gravitacionnelles-detectees-en-europe_5192492_1650695.html)

[6] [http://www.bbc.com/mundo/video\\_fotos/2016/02/160211\\_video\\_que\\_son\\_ondas\\_gravitacionales\\_cof](http://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2016/02/160211_video_que_son_ondas_gravitacionales_cof)



**SÍ... LA TIERRA NOS SACUDIÓ MUY FUERTE ¡PERO AHORA SOMOS LA FUERZA DE UN MÉXICO UNIDO!**

**#FUERZAMEXICO**

Consejo de la Comunicación  
Voz de las Empresas