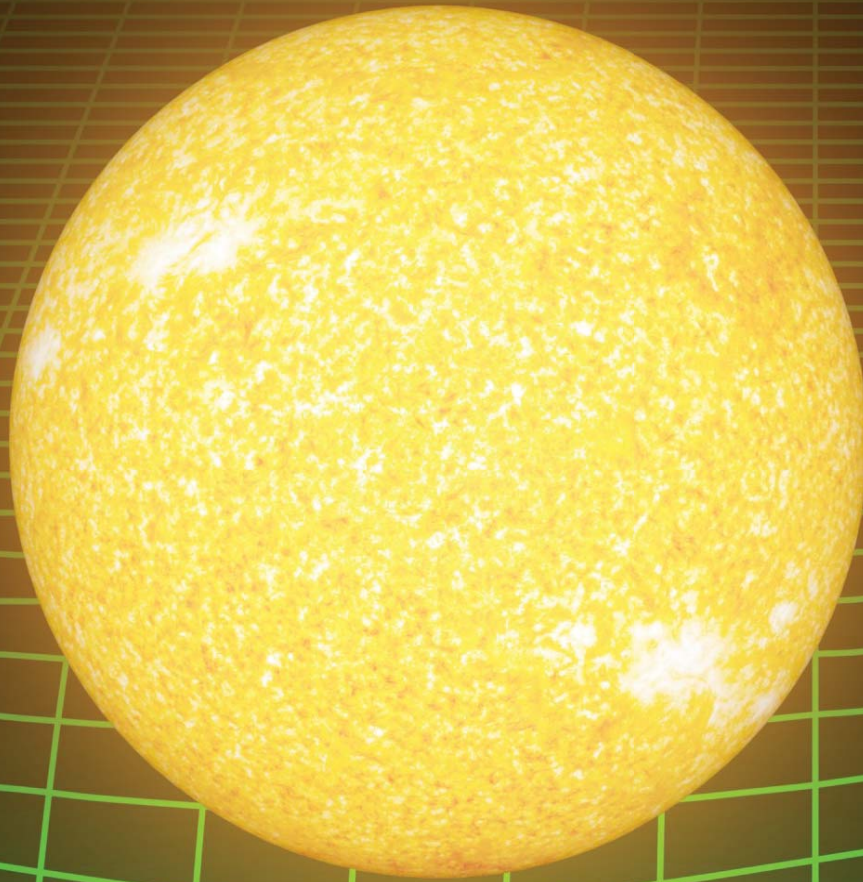


Se representa con una malla verde cómo nuestro Sol deforma el espacio-tiempo. De acuerdo con Einstein la gravedad corresponde a una alteración de la geometría, de modo que los cuerpos -como la Tierra- se mueven a lo largo de caminos determinados por ella.

Esta teoría también predice la existencia de ondas gravitacionales, que se mueven a la velocidad de la luz y surgen cuando cuerpos masivos se aceleran

Ilustración: T. Pyle/Caltech/MIT/LIGO Lab
www.ligo.caltech.edu



ONDAS



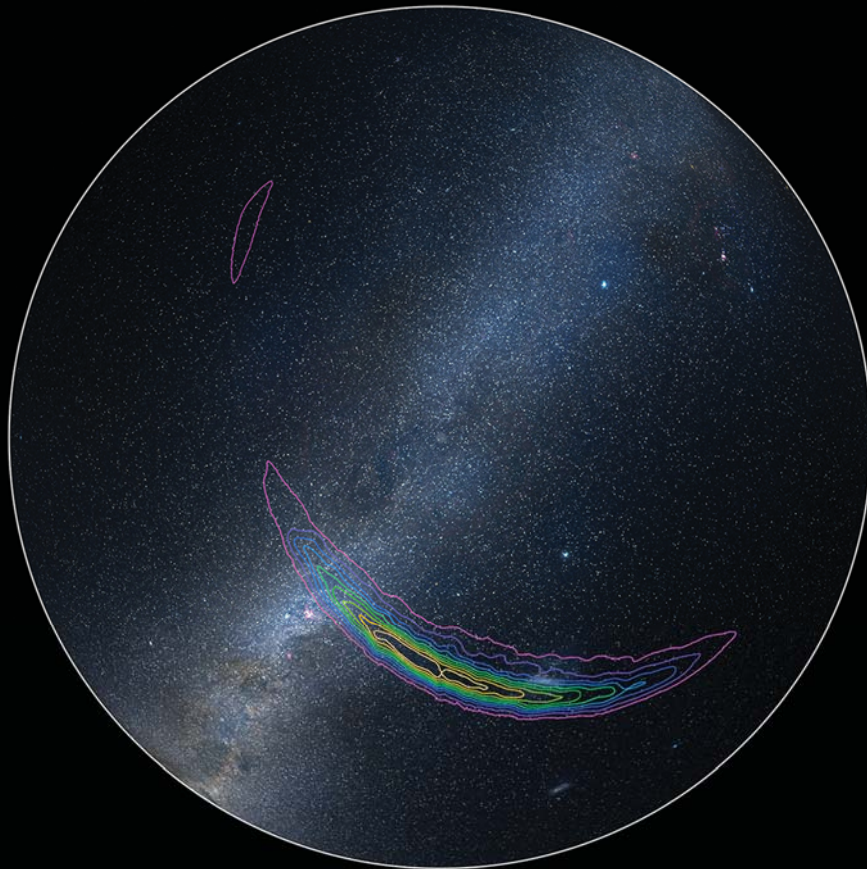
DE

*Por: Alonso Sepúlveda.
Profesor del Instituto de Física de la
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.*

ESPACIO

Y TIEMPO

El 11 de febrero de 2016 la colaboración LIGO anunció la detección de ondas gravitacionales. Un evento histórico que inaugura una nueva rama de la astronomía. He aquí una síntesis comentada del boletín emitido ese día.



En el mapa del hemisferio sur se muestra la localización aproximada de la fuente de ondas gravitacionales detectada el 14 de septiembre de 2015 por LIGO. Los contornos a color demarcan zonas posibles de origen de las señales: el contorno violeta señala con un 80% de confiabilidad la región de donde vino la señal, la amarilla la demarca con un 10%.

Cuando los detectores de ondas gravitacionales proyectados estén en operación la localización de las fuentes podrá hacerse con mayor precisión.

Ilustración: LIGO/Axel Mellinger
www.ligo.caltech.edu

Por primera vez los científicos observaron rizos en el tejido del espacio-tiempo conocidos como ondas gravitacionales, distorsiones periódicas en la textura de la geometría del universo que llegaron a la Tierra desde un evento cataclísmico en el universo distante. Esta detección confirmó una de las mayores predicciones de la Relatividad General de Einstein y abre una nueva ventana sin precedentes sobre el cosmos.

Estas ondas portan información sobre sus orígenes dramáticos y acerca de la naturaleza de la gravedad que no puede ser obtenida de otro modo. Los físicos concluyeron que las ondas gravitacionales detectadas fueron producidas en la fracción final de segundo de la fusión de dos agujeros negros, para producir un único agujero negro más masivo y rotante. Esta colisión de dos agujeros negros había sido predicha pero nunca observada.

Las ondas gravitacionales fueron observadas el 14 de septiembre de 2015 por los detectores gemelos LIGO (acrónimo de Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory), localizados en Livingston, Louisiana, y en Hanford, Washington, en Estados Unidos, concebidos, construidos y operados por Caltech y MIT. El descubrimiento fue hecho por la Colaboración Científica LIGO y la Colaboración Virgo usando los datos de los detectores LIGO.

“Esta detección es el comienzo de una nueva era: el campo de la astronomía de ondas gravitacionales es ahora una realidad”

- Gabriela González
(vocera de LIGO)

Basados en las señales observadas los científicos estiman que los agujeros negros de este evento tenían masas cercanas a 29 y 36 masas solares y que la colisión tuvo lugar hace unos 1300 millones de años. Una masa equivalente a tres veces la del Sol fue convertida en ondas gravitacionales en una fracción de segundo. Las dos señales fueron registradas por los detectores con una diferencia de siete milisegundos, lo que por triangulación permite localizar la fuente en el hemisferio sur.

De acuerdo con la Relatividad General, una pareja de agujeros negros en órbita conjunta pierde energía por emisión de ondas gravitacionales haciendo que se aproximen durante miles de millones de años. En los minutos finales se acercan más rápidamente, hasta que los agujeros negros chocan casi a la mitad de la velocidad de la luz y forman un único agujero.

“Con este descubrimiento los humanos nos estamos embarcando en una nueva búsqueda maravillosa: la exploración del lado deformado del universo, objetos y fenómenos hechos de espacio-tiempo curvo”
- Kip Thorne (Caltech)

Una porción de su energía se convierte en ondas de espacio-tiempo según la fórmula de Einstein $E=mc^2$.

Esta energía fue emitida como un paquete de ondas gravitacionales y observada por LIGO. Fue la primera observación de estas ondas, realizada midiendo las perturbaciones que ejercen en el espacio-tiempo cuando pasan a través de la Tierra.

La existencia de estas ondas de espacio-tiempo había sido propuesta por Einstein en junio de 1916, y fue inferida por Joseph Taylor y Russell Hulse quienes descubrieron en 1974 el sistema binario PRS B1913+16 compuesto de un pulsar y una estrella de neutrones. Se descubrió luego que la órbita del pulsar se reducía lentamente debido a la emisión de energía en forma de ondas gravitacionales en pleno acuerdo con la teoría de Einstein. Este sistema binario fue considerado un laboratorio natural de Relatividad General.

El observatorio LIGO fue propuesto por los físicos Rainier Weiss (MIT), Kip Thorne y Ronald Drever (ambos de Caltech) y la colaboración científica involucra más de 1000 científicos, 15 países y unas 90 universidades. La colaboración Virgo incluye unos 250 científicos de 19 países.

En cada observatorio el interferómetro en forma de L de 4 kilómetros de longitud utiliza luz láser dividida en dos haces que viajan a lo largo de los brazos y que monitorean la distancia entre espejos posicionados con gran precisión en los extremos de los brazos. De acuerdo con Einstein, la distancia entre los espejos cambia de un modo infinitesimal cuando una onda de espacio-tiempo pasa por el detector. Un eje del interferómetro se alarga mientras el otro se contrae. Un cambio en las longitudes de los brazos menor de un diezmilésimo del diámetro de un protón (10-19 metros) puede ser detectado, convirtiéndolo en el detector de ondas gravitacionales más sofisticado jamás construido. De hecho, el descubrimiento fue posible debido a las habilidades aumentadas del LIGO Avanzado, una mejora sustancial realizada entre 2010 y 2015 que incrementó la sensibilidad de los instrumentos del LIGO de primera generación.

Se espera que esta primera detección acelerará la construcción de una red global de detectores. Hay uno nuevo en construcción en Japón, otro en gestión en India. El Telescopio Einstein será localizado en tierra y LISA será puesto en órbita en la década de 2030. ✨

El laboratorio LIGO opera dos sitios de detectores, uno cerca de Hanford en el este de Washington, y otro cerca de Livingston, Louisiana, Estados Unidos. Esta foto muestra el sitio del detector de Livingston.

Fotografía: Caltech/MIT/LIGO Lab
www.ligo.caltech.edu