



Instituto de Astronomía, UNAM



POR PRIMERA VEZ UN FENÓMENO ASTRONÓMICO ES OBSERVADO SIMULTÁNEAMENTE POR SU EMISIÓN EN ONDAS GRAVITACIONALES Y LUZ

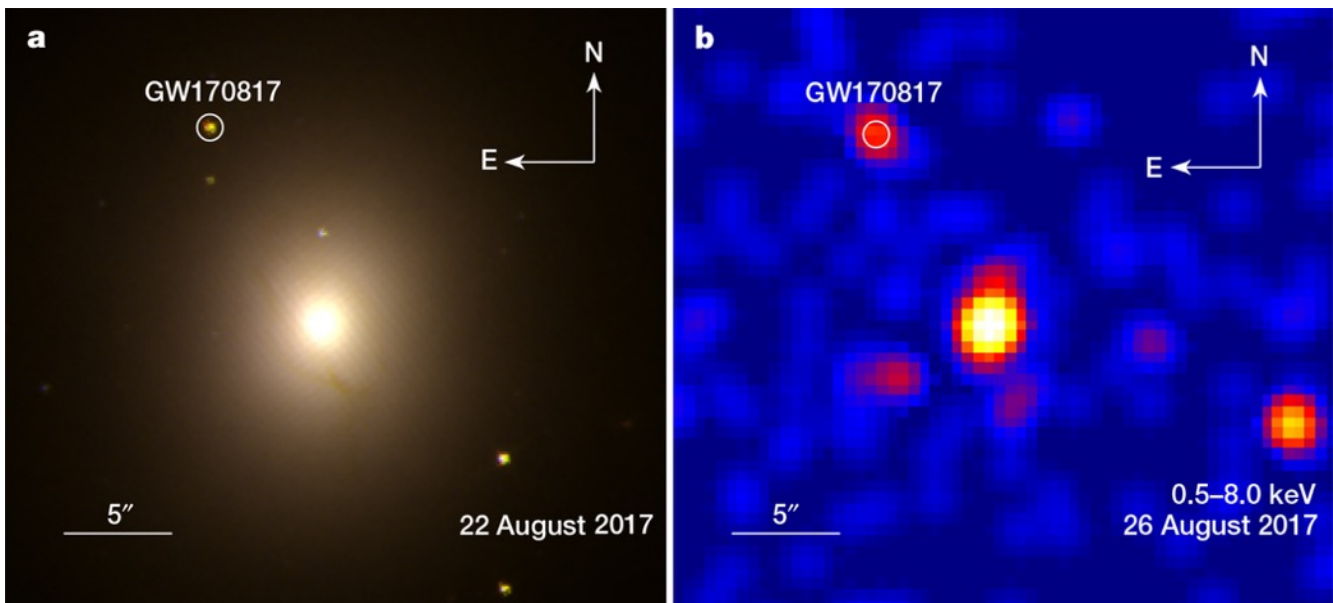
- *Dos estrellas de neutrones que se fusionaron violentamente produjeron una señal intensa en ondas gravitacionales y ésta fue detectada y localizada por los observatorios LIGO y VIRGO el pasado 17 de agosto.*
- *Al mismo tiempo, y en las horas y días siguientes, telescopios satelitales y terrestres detectaron y dieron seguimiento a la luz emitida en todo el espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.*
- *En el descubrimiento participaron investigadores del Instituto de Astronomía de la UNAM, a través de la detección en rayos X, el modelado teórico y las restricciones con el Observatorio HAWC.*
- *Con proyectos mexicanos como DDOTI, RATIR, TSPM y HAWC se podrá detectar la contraparte electromagnética de este tipo de eventos ultra energéticos.*
- *Las observaciones confirman que estos eventos dan lugar a las explosiones más poderosas en el Universo y que son responsables de la producción de elementos químicos como el oro.*

Hace más de 100 años, la teoría de la relatividad general de Albert Einstein llevó a la predicción de que existen las ondas gravitacionales, olas en el espacio-tiempo que se propagan a la velocidad de la luz y que se producen cuando grandes cantidades de materia se mueven violentamente a velocidades cercanas a la de la luz. Después de décadas de avances teóricos e instrumentales, en septiembre de 2015 el observatorio LIGO (*Laser Interferometric Gravitational Wave Observatory*, por sus siglas en inglés) reportó por primera vez una detección de este tipo originada por la fusión de dos agujeros negros que dieron como resultado un objeto de 62 masas solares.

El premio Nobel de Física 2017 fue precisamente para los desarrolladores de este observatorio de ondas gravitacionales y fue entregado a los científicos Kip S. Thorne y Barry C. Barish, ambos del Instituto Tecnológico de California, y a Rainer Weiss del Instituto de Tecnología de Massachusetts, celebración que representa la apertura de una nueva manera de estudiar el Universo, complementaria a la luz en sus distintas bandas y colores, con la que hasta ahora se habían realizado todas las observaciones del cosmos.

Hoy LIGO, en conjunto con VIRGO, el nuevo detector de ondas gravitacionales instalado en Italia, y una variedad de telescopios satelitales y terrestres, han dado a conocer un descubrimiento sin precedentes: por primera vez se detectan ondas gravitacionales producidas por la fusión de dos estrellas de neutrones -y no de agujeros negros como en los eventos anteriores- además de la detección de la contraparte electromagnética con observaciones en rayos gamma, rayos X, luz visible, infrarrojo y ondas de radio.

El evento denominado GW170817 (por la fecha en que se observó: 17 de agosto de 2017) fue producido por dos estrellas de neutrones -cenizas estelares que concentran 1.4 veces la masa del Sol en un radio de unos 10 kilómetros- y que al fusionarse produjeron, además de las ondas gravitacionales y de manera prácticamente simultánea, un destello de rayos gamma, GRB170817A, que fue detectado por el satélite espacial FERMI. Tras esta observación, una cascada de detecciones desde distintos observatorios en tierra identificaron horas más tarde la contraparte en luz visible en la galaxia NGC4993 que se encuentra a una distancia de 130 millones de años luz y que confirma la correspondencia de ambas señales.



1. Evento GW170817.

Izquierda: Imagen de la galaxia NGC 4993 tomada con el satélite Hubble en luz visible cinco días después de la explosión de GW170817. La forma difusa en el centro de la imagen proviene de la luz de las estrellas en la galaxia. El punto brillante arriba y a la izquierda es la emisión de la explosión GW170817. Por algunos días, se convirtió en el objeto más brillante en la galaxia.

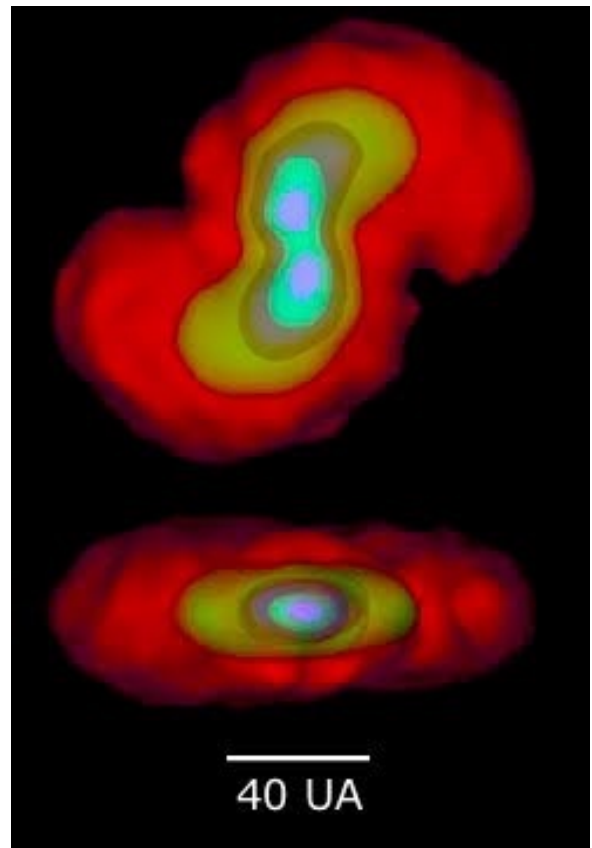
Derecha: Imagen de la misma galaxia tomada con el satélite Chandra en rayos X nueve días después de la explosión. En el centro, se ve la emisión normal de la galaxia, y en la posición de la explosión GW170817 se observa claramente su contraparte en rayos X. Esta emisión es la huella de la fusión de dos estrellas de neutrones. Crédito: E. Troja et al., Nature 2017.

Nueve días después, el 26 de agosto, el satélite espacial Chandra descubrió la misma fuente transitoria -porque dura poco tiempo- en rayos X, estableciendo sin lugar a dudas que la fusión había generado una intensa emisión en distintas bandas, permitiendo poner a prueba modelos teóricos desarrollados durante los últimos 30 años.

Esta detección se reporta en la prestigiosa revista Nature por un equipo de astrónomos de 9 países, encabezado por la Dra. Eleonora Troja del Centro de Vuelo Espacial de la NASA en Goddard, Maryland (EUA), y que incluye a los doctores Alan Watson y William Lee, investigadores del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Con base en las observaciones realizadas, los astrónomos han concluido que la fusión de las dos estrellas de neutrones llevó a la formación de un chorro colimado que se propagó a velocidades cercanas a la de la luz para dar lugar al destello de rayos gamma, y que al mismo tiempo lanzó una pequeña cantidad de masa a menores velocidades, que produjo un resplandor secundario principalmente en luz visible e infrarroja. Este fenómeno, conocido como una *kilonova*, refleja la formación de elementos químicos complejos de la tabla periódica, como el oro, y su observación directa confirma que las fusiones de estrellas de neutrones son uno de los principales sitios de su producción en el Universo.

Por otro lado y casi al mismo tiempo, el observatorio HAWC (*High Altitude Water Cerenkov*, por sus siglas en inglés) concebido para observar el Universo en altas energías pudo poner límites a la emisión producida por GW170817. En este caso, los científicos encontraron que en este rango del espectro electromagnético -rayos gamma- el evento no produjo una emisión brillante, lo cual restringe los modelos aplicables a este evento.



2. Simulación de la fusión de dos estrellas de neutrones.

Cuando dos estrellas de neutrones hacen fusión como sucedió en GW170817 forman un nuevo objeto que puede colapsar convirtiéndose en un agujero negro, liberando grandes cantidades de energía que son observables en luz visible, y arrojando al mismo tiempo materia al medio entre las estrellas. En la imagen se observa la distribución de gas producto de una fusión simulada por computadora un día después del evento, vista en el plano inicial de la órbita (arriba) y de perfil (abajo). La barra de escala mide 40 veces la distancia de la Tierra al Sol (1 unidad astronómica, UA). Crédito: W. Lee, IA-UNAM; L. Roberts y E. Ramirez-Ruiz (UCSC), D. Kasen (UCB) y *Astrophysical Journal Letters* 2011.

El resumen de observaciones sobre el evento GW170817 y su contraparte electromagnética se publica también el día de hoy en la revista *Astrophysical Journal Letters*, con participación del grupo del Instituto de Astronomía y de la colaboración HAWC. Cabe destacar que en el Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C. (OAN-SPM) el Instituto de Astronomía, en colaboración con socios de diversas instituciones, instala infraestructura para la observación y seguimiento de estos eventos, como el proyecto DDOTI (*Deca-Degree Optical Transients Imager*, por sus siglas en inglés), RATIR (*Reionization And Transients Infrared/Optical Project*, por sus siglas en inglés), el Telescopio San Pedro Mártir de 6.5m de diámetro (TSPM) y el Observatorio HAWC en Sierra Negra en Puebla. El evento GW170817 sucedió en una región del cielo preferentemente accesible desde el hemisferio sur y por ello no fue posible observarla a detalle con los telescopios del OAN-SPM.



3. Interferómetros con los que se detectaron las ondas gravitacionales.

Arriba: Observatorio de Ondas Gravitacionales LIGO en la sede Livingston y Hanford.

Abajo: Observatorio de Ondas Gravitacionales VIRGO en Pisa, Italia.

La detección de GW170817 abre sin duda una nueva etapa en la astrofísica. Por un lado, demuestra que mediante observaciones simultáneas en ondas gravitacionales y el espectro electromagnético, podemos obtener información sobre los eventos que las producen, ampliando de una manera que no tiene precedente nuestras posibilidades para conocer el Universo. Por otro, el número de eventos que sin duda será observada en los próximos años permitirá poner a prueba la teoría general de la relatividad, así como nuestro entendimiento de la materia a condiciones de alta densidad y temperatura y pequeños espacios, imposibles de replicar en un laboratorio.

Confirma también que estos eventos extremos juegan un papel clave en la creación de algunos de los elementos químicos más pesados, como el oro. Aunque éstos son mucho menos abundantes en el Universo que el Hidrógeno y el Helio que forman la mayor parte de las estrellas, o el Carbono, Nitrógeno y Oxígeno que son la base de las moléculas orgánicas, son indispensables en pequeñas cantidades para la vida como la conocemos y resaltan nuestra conexión individual con el Universo.

Más información:

Departamento de Comunicación de la Ciencia
Instituto de Astronomía, UNAM
55 56 22 39 97
comunicacion@astro.unam.mx