



Universitat  
de les Illes Balears



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA



LIGO  
Scientific  
Collaboration



## LIGO y Virgo detectan por primera vez ondas gravitacionales procedentes de una colisión de estrellas de neutrones

**Científicos de la Universidad de las Illes Balears y de la Universidad de Valencia, junto con una gran parte de la comunidad astrofísica y de astropartículas en España están totalmente volcados en este nuevo hito para la ciencia.**

Hace dos años, el 14 de Setiembre de 2015, la Colaboración Científica LIGO en EE.UU. y la Colaboración Virgo en Europa, iniciaron conjuntamente una nueva era para la astronomía con la primera observación directa de ondas gravitacionales, las perturbaciones del espacio-tiempo predichas por la teoría de la Relatividad General de Albert Einstein, procedentes de la fusión de dos agujeros negros.

Ahora, los mismos protagonistas, junto con otros 70 observatorios terrestres y espaciales anuncian otro descubrimiento histórico: la primera observación simultánea de ondas gravitacionales procedentes de la espectacular colisión de dos estrellas de neutrones, y de contrapartidas en todo el espectro electromagnético, un evento cósmico que marca el inicio de la astronomía de multi-mensajeros con ondas gravitacionales. Los resultados LIGO-Virgo se publican hoy en la revista *Physical Review Letters*; trabajos adicionales de las colaboraciones LIGO-Virgo y de la comunidad astronómica han sido enviados y algunos han sido ya aceptados para su publicación en diferentes revistas.

En este descubrimiento han participado el Grupo de Relatividad y Gravitación de la Universidad de las Illes Balears, a través de su participación en la Colaboración Científica LIGO, así como el Grupo Virgo de la Universidad de Valencia, miembro de la Colaboración Virgo. Además, ha habido importantes aportaciones de los grupos españoles que forman parte de INTEGRAL, el equipo AGILE, la colaboración del Fermi-LAT, la colaboración Vinrouge, la colaboración Master, el experimento ePESSTO, la colaboración TOROS, la Red Global BOOTES, la colaboración HAWC, la colaboración Pierre Auger, la colaboración ANTARES, el equipo EURO VLBI, entre otros.

Los resultados del descubrimiento se han hecho públicos durante la rueda de prensa celebrada hoy lunes 16 de octubre de 2017, en la sede del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (Madrid). En esta rueda de prensa han intervenido D. Juan María Vázquez, Secretario General de Ciencia e Innovación, Dña. Alicia Sintés, investigadora principal de la Colaboración Científica LIGO en la Universidad de les Illes Balears, D. José Antonio Font, investigador principal de la Colaboración Virgo en la Universidad de Valencia, D. Eusebio Sánchez, del CIEMAT y representante del experimento DES en España, D. Alberto J. Castro-Tirado, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) e investigador principal de la Red Global BOOTES, D. Manuel Reina, representante de INTA y jefe de proyecto técnico de la participación española en INTEGRAL, y Dña. Josefa Becerra González, del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y colaboradora en estudios de multifrecuencia. El acto también ha contado con la presencia de representantes del Gobierno de la Comunidad de las Illes Balears y del Gobierno de la Comunidad Valenciana, representantes de ambas universidades, presidentes de la Real Sociedad Española de Física, la Sociedad Española de Gravitación y Relatividad y la Sociedad Española de Astronomía, coordinadores de las redes temáticas REDONGRA y RENATA y representantes de la Red

Española de Supercomputación. Además, también ha habido representación de todos los experimentos asociados con el descubrimiento en los que ha habido participación española. Durante este acto también se ha hecho un breve seguimiento del comienzo del anuncio mundial desde el National Press Club en Washington, DC., EE.UU.

## Una señal estelar

Las estrellas de neutrones son las estrellas más pequeñas y densas conocidas y se forman cuando estrellas más masivas explotan en forma de supernovas. A medida que la órbita de las dos estrellas de neutrones fue disminuyendo en forma de espiral, el sistema binario emitió ondas gravitacionales que fueron detectadas durante unos 100 segundos. Al colisionar, con una velocidad de aproximadamente la tercera parte de la velocidad de la luz, se emitió un destello de luz en forma de rayos gamma que fue observado en la Tierra unos dos segundos después de la detección de las propias ondas gravitacionales. En los días y semanas posteriores a la colisión, otras formas de luz o radiaciones electromagnéticas – incluyendo rayos X, ultravioleta, óptica, infrarroja y ondas de radio – fueron también detectadas.

Las observaciones han dado a los astrónomos una oportunidad sin precedentes para investigar la colisión de dos estrellas de neutrones. Por ejemplo, las observaciones realizadas por el observatorio *Gemini* de Estados Unidos, el *European Very Large Telescope* y el *Hubble Space Telescope* de la NASA revelan trazas de materiales recientemente sintetizados, incluyendo oro y platino, descifrando el misterio no resuelto durante décadas sobre dónde se producen aproximadamente la mitad de todos los elementos químicos más pesados que el hierro.

La señal gravitacional, conocida como GW170817, fue detectada el 17 de agosto a las 14:41 hora peninsular por los dos detectores americanos LIGO avanzado. Es la señal más intensa detectada por la red de interferómetros LIGO-Virgo hasta la fecha. La información proporcionada por el tercer detector, Virgo avanzado, situado cerca de Pisa, Italia, permitió mejorar la localización del evento cósmico.

LIGO avanzado es un detector de ondas gravitacionales de segunda generación que consiste en dos interferómetros idénticos situados en Hanford, Washington, y Livingston, Luisiana. Empezando las operaciones en septiembre de 2015, LIGO avanzado ha realizado dos periodos de observación. El segundo periodo de observación O2 comenzó el 30 de noviembre de 2016 y terminó el 25 de agosto de 2017. El detector Virgo avanzado también es un instrumento de segunda generación. El 1 de agosto de 2017, Virgo avanzado se unió a los detectores LIGO para trabajar conjuntamente durante las últimas cuatro semanas del periodo de observación O2.

LIGO está financiado por la [NSF](#) y operado por [Caltech](#) y [MIT](#), que concibió LIGO y lideró los proyectos de LIGO inicial y avanzado. La financiación económica para el proyecto LIGO avanzado fue liderada por la NSF, junto con Alemania ([Max Planck Society](#)), Reino Unido ([Science and Technology Facilities Council](#)) y Australia ([Australian Research Council](#)) que asumieron significativos compromisos y contribuciones al proyecto. Más de 1.200 científicos y alrededor de 100 instituciones de todo el mundo participan en el esfuerzo a través de la Colaboración Científica LIGO, que incluye la Colaboración GEO y la Colaboración australiana OzGrav. Los socios adicionales, incluyendo la Universidad de les Illes Balears como miembro de LIGO y GEO, se enumeran en <http://ligo.org/partners.php>.

La Colaboración Virgo está formada por más de 280 físicos e ingenieros pertenecientes a 20 grupos de investigación europeos diferentes: seis del [Centre National de la Recherche Scientifique](#) (CNRS) en Francia; ocho del [Istituto Nazionale di Fisica Nucleare](#) (INFN) en Italia; dos en Holanda con [Nikhef](#); la MTA Wigner RCP en Hungría; el grupo POLGRAW en Polonia; España con la Universidad de Valencia; y el Observatorio Gravitacional Europeo, EGO, el laboratorio que aloja el detector Virgo cerca de Pisa en Italia, financiado por CNRS, INFN y Nikhef.

Alrededor de 1500 científicos de la Colaboración Científica LIGO y de la Colaboración Virgo trabajan

conjuntamente para operar los detectores y para procesar y entender los datos de las ondas gravitacionales que capturan.

El grupo LIGO en la Universidad de les Illes Balears contribuye principalmente en el estudio y búsqueda de sistemas binarios de agujeros negros y de estrellas de neutrones en rotación. El modelaje computacional necesario para identificar dichas fuentes se realiza gracias a la Red Española de Supercomputación y PRACE. Estos son fundamentales para el desarrollo de modelos fenomenológicos de familias de plantillas que son utilizadas en la búsqueda de sistemas binarios. En particular, los modelos conocidos como *PhenomP*, desarrollados en la UIB por Sascha Husa y colaboradores, fueron esenciales para la localización de esta nueva señal GW170817. La UIB también lidera la búsqueda de estrellas de neutrones desconocidas, siendo Alicia Sintes una de las co-dirigentes del grupo LIGO-Virgo de análisis de datos para la búsqueda de señales continuas. Varios estudiantes de doctorado de la UIB han tenido la oportunidad de trabajar en el Observatorio LIGO Hanford durante estos dos periodos de observación, siendo testigos de varios descubrimientos mientras contribuían al estudio del ruido del detector. Este es el caso de Pep Covas y Miquel Oliver. Este último también ha contribuido al análisis de posibles señales continuas en los días posteriores a la fusión de estas dos estrellas de neutrones.

“La naturaleza ha vuelto a ser muy generosa con nosotros al situar este evento excepcional a una distancia notablemente cercana a la Tierra, justo antes de que acabase este segundo periodo de observación de LIGO-Virgo avanzado y en el momento en que había tres detectores de la red en operación permitiendo localizar la fuente de forma precisa”, dice Alicia Sintes, emocionada con este nuevo descubrimiento.

El grupo Virgo en la Universidad de Valencia lo forman nueve investigadores del Departamento de Astronomía y Astrofísica y del Departamento de Matemáticas de dicha universidad. Dos de sus miembros, José María Ibáñez y José Antonio Font, también pertenecen al Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia. El grupo contribuye a la Colaboración Virgo en el desarrollo de algoritmos para el análisis de señales gravitatorias y estimación de parámetros de fuentes astrofísicas, así como en la generación de patrones de radiación gravitacional mediante técnicas de relatividad numérica. Los algoritmos para el análisis de señales gravitatorias se basan en técnicas de variación total, línea de investigación liderada por Antonio Marquina. El grupo también realiza simulaciones numéricas de explosiones supernova para la estimación de parámetros a partir de la información contenida en las ondas gravitacionales, línea de investigación impulsada por Pablo Cerdá. La modelización numérica mediante supercomputación es, en general, muy intensa en el grupo, en particular en el contexto de colapso estelar, explosiones supernova y colisión de binarias de estrellas de neutrones. Miembros del grupo involucrados en tales simulaciones son Miguel Angel Aloy, Pablo Cerdá, José Antonio Font, Martin Obergaulinger y Nicolas Sanchis. Además, el equipo también participa en el desarrollo de métodos numéricos de Machine Learning para la clasificación del ruido instrumental en los detectores avanzados, proyecto en el que Alejandro Torres desempeña un papel fundamental. Finalmente, Isabel Cordero proporciona importante apoyo en los aspectos matemáticos y numéricos que subyacen a la mayoría de las líneas de investigación.

Font apunta que “la histórica detección de la primera señal gravitacional de la colisión de dos estrellas de neutrones, junto con la correspondiente emisión electromagnética, marca el inicio de una nueva era de descubrimiento que promete ofrecer respuestas a preguntas fundamentales en astrofísica relativista, cosmología, física nuclear, o la naturaleza de la gravitación. Es revolucionario.”

## **La detección**

El 17 de agosto, el software de análisis de datos a tiempo real de LIGO captó una fuerte señal de ondas gravitacionales desde el espacio en uno de los dos detectores LIGO (Hanford). Casi al mismo tiempo, el *Gamma-ray Burst Monitor* del *Fermi Gamma-ray Space Telescope* de la NASA detectó una explosión de rayos gamma. El software de análisis LIGO-Virgo consideró ambas señales de manera conjunta y se observó que era improbable que fueran una coincidencia fortuita, mientras que otro análisis paralelo y automatizado de LIGO indicaba que había una señal de onda gravitacional coincidente en el otro detector LIGO (Livingston). La rápida detección de la onda gravitacional por el equipo de LIGO-Virgo,

junto con la detección de los rayos gamma de Fermi, permitieron el lanzamiento del seguimiento por telescopios alrededor del mundo.

Los datos de LIGO indicaron que dos objetos astrofísicos situados a una distancia relativamente pequeña de la Tierra, alrededor de 130 millones de años-luz, habían estado aproximándose en órbitas espirales. Presumiblemente, los objetos no eran tan grandes como un sistema binario de agujeros negros – objetos que LIGO y Virgo ya habían detectado previamente. En su lugar, se estimó que los dos objetos en órbita espiral debían estar en un rango de entre 1,1 y 1,6 veces la masa del Sol, es decir, en el rango de masa de las estrellas de neutrones. Una estrella de neutrones es una estrella de unos 20 kilómetros de diámetro y de material tan denso que una cucharadita de su material equivaldría a una masa de alrededor de mil millones de toneladas.

Mientras que los sistemas binarios de agujeros negros producen un leve gorjeo de una fracción de segundo en la banda sensible del detector LIGO, el gorjeo del 17 de agosto duró aproximadamente 100 segundos y se pudo ver a través de toda la gama de frecuencias de LIGO – aproximadamente el mismo rango que los instrumentos musicales comunes. Los científicos pudieron identificar la fuente del gorjeo como objetos mucho menos masivos que los agujeros negros observados hasta la fecha. Los análisis mostraron que un evento de estas características sucede menos de una vez en 80.000 años por coincidencia aleatoria, por lo que se identificó de inmediato como una detección muy segura.

Sascha Husa, profesor de física de la UIB e investigador de la Colaboración Científica LIGO, comenta que “el anuncio de hoy marca la culminación de casi una década de trabajo en la UIB, desarrollando modelos de las formas de onda de la fusión de binarias compactas, que han ayudado a dirigir los telescopios en la dirección correcta.”

Los investigadores teóricos predicen que al colisionar estrellas de neutrones se deben emitir ondas gravitacionales y rayos gamma, junto con poderosos chorros que emiten luz a través de todo el espectro electromagnético. La explosión de rayos gamma detectada por Fermi es lo que se conoce como una ráfaga corta de rayos gamma (*short gamma-ray burst*); las nuevas observaciones confirman que al menos algunas de las ráfagas cortas de rayos gamma son generadas por la fusión de estrellas de neutrones – algo que se había teorizado anteriormente. Sin embargo, mientras este misterio parece resuelto, otros nuevos han surgido. La ráfaga corta de rayos gamma observada fue una de las más cercana a la Tierra vista hasta ahora, pero fue sorprendentemente débil para su distancia. Los científicos están empezando a proponer modelos para obtener respuestas y es probable que surjan nuevas ideas en los próximos años.

## **Una mancha en el cielo**

Aunque la onda gravitacional fue captada en primer lugar por los detectores LIGO en EE.UU., Virgo, en Italia, jugó un papel clave en la historia. Debido a su orientación con respecto a la fuente en el momento de la detección, Virgo recuperó una pequeña señal que, combinada con el tamaño de la señal y los tiempos de detección en los detectores LIGO, permitió a los científicos triangular con precisión la posición en el cielo. Tras realizar una investigación minuciosa para asegurarse de que las señales no eran un artefacto de la instrumentación, los científicos concluyeron que la onda gravitacional provenía de una región relativamente pequeña (28 grados cuadrados) en el cielo del hemisferio sur.

Fermi fue capaz de dar una localización posteriormente confirmada y mejorada en gran medida gracias a las coordenadas proporcionadas por la detección combinada de los observatorios LIGO-Virgo. Con estas coordenadas, diferentes observatorios de todo el mundo fueron capaces, horas después, de comenzar a buscar en la región del cielo de donde debía proceder la señal. Así pues, un nuevo punto de luz parecido al de una nueva estrella, fue encontrado primero por diferentes telescopios ópticos. Seguidamente, alrededor de 70 observatorios terrestres y en el espacio observaron el evento en sus correspondientes longitudes de onda.

“Esta detección abre la ventana de una largamente esperada astronomía de multi-mensajeros,” dice David H. Reitze de Caltech, director ejecutivo del Laboratorio LIGO. “Es la primera vez que hemos observado un evento astrofísico catastrófico en forma ondas gravitacionales y ondas electromagnéticas

- nuestros mensajeros cósmicos. La astronomía de ondas gravitacionales ofrece nuevas oportunidades para entender las propiedades de las estrellas de neutrones de maneras que simplemente no son posibles únicamente con la astronomía electromagnética”.

“Desde DES-Spain estamos muy emocionados con el descubrimiento de las contrapartidas ópticas de las detecciones de ondas gravitacionales. Es realmente un hito extraordinario para la ciencia, y abre una nueva ventana en la astrofísica y cosmología observacional”, dice Enrique Gaztañaga, investigador del Instituto de Ciencias del Espacio (IEEC-CSIC). Por su parte, Juan García-Bellido (Universidad Autónoma de Madrid) apunta que “el grupo de ondas gravitacionales del cartografiado DES trabaja desde hace tiempo para el seguimiento óptico de un evento como este. Horas después de la colisión, la cámara de DES descubrió de forma independiente la fuente en el visible e infrarrojo cercano, lo que ayudó a su localización en la galaxia NGC 4993. Al disponer del corrimiento al rojo de la galaxia, se ha podido determinar el ritmo de expansión del universo”. Además, Diego Torres, investigador del IEEC-CSIC y líder del único grupo en España de la colaboración Fermi-LAT, remarca también la “importancia prioritaria del descubrimiento de las ondas gravitatorias en sí y la contrapartida óptica, por parte de la colaboración Fermi”.

J. Miguel Mas Hesse, director del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA) relata como “el instrumento SPI a bordo de INTEGRAL detectó el flash de rayos gamma emitido en el momento de la fusión de las estrellas de neutrones, una emisión muy intensa durante sólo 2 segundos. La galaxia en la que se encontraban estas estrellas fue observada en los días siguientes mediante la cámara óptica de INTEGRAL, OMC. OMC es un instrumento liderado por investigadores del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). La Universidad de Valencia fue la responsable de la fabricación de los sistemas de imagen de los demás instrumentos a bordo del observatorio INTEGRAL.” Por otro lado, M<sup>a</sup> Dolores Sabau Graziati, directora del Departamento de Cargas Útiles y Ciencias del Espacio del INTA, que ha participado tanto en el instrumento OMC como en las máscaras de codificación de los otros tres instrumentos principales de INTEGRAL añade que “están contentísimos de haber contribuido a este hito astrofísico”.

### **Una bola de fuego y un resplandor**

Cada observatorio electromagnético publicará sus propias observaciones detalladas del citado evento astrofísico. Mientras tanto, la perspectiva general de todos los observatorios involucrados parece confirmar que la señal de la onda gravitacional realmente fue producida por un par de estrellas de neutrones en órbita espiral.

Aproximadamente hace 130 millones de años, las dos estrellas de neutrones se encontraban en sus últimas órbitas espirales, separadas sólo por unos 300 kilómetros, incrementando su velocidad orbital mientras disminuía la distancia entre ellas. A medida que las estrellas giraban cada vez más rápido y más cerca la una de la otra, se deformaron y distorsionaron el espacio-tiempo circundante, emitiendo energía en forma de potentes ondas gravitacionales, antes de chocar entre sí.

En el momento de la colisión, la mayor parte de las dos estrellas de neutrones se fusionaron en un objeto ultradenso a la vez que se emitía una "bola de fuego" de rayos gamma. Las mediciones iniciales de rayos gamma, combinadas con la detección de las ondas gravitacionales, han proporcionado también una confirmación de la teoría de la Relatividad General de Einstein, que predice que las ondas gravitatorias deben viajar a la velocidad de la luz.

Las investigaciones teóricas han predicho que lo que sigue a la bola de fuego inicial es una "kilonova" - un fenómeno por el cual el material que queda tras la colisión de las estrellas de neutrones, que brilla con luz, es expulsado de la región circundante muy lejos en el espacio. Las nuevas observaciones basadas en el espectro electromagnético muestran que los elementos pesados, como el plomo y el oro, se crean en estas colisiones y posteriormente se distribuyen por todo el universo.

En las próximas semanas y meses, los telescopios de todo el mundo continuarán observando el resplandor de la fusión de estrellas de neutrones y reunirán más evidencias sobre las diversas etapas

de la fusión, su interacción con su entorno y los procesos que producen los elementos más pesados del universo.

### **La significativa contribución española**

En España, el seguimiento de contrapartidas electromagnéticas de GW170817 ha supuesto una actividad frenética. Por ejemplo, la red de telescopios robóticos MASTER de la Universidad de Moscú, en la que participa el IAC, consiguió una de las primeras detecciones en luz visible asociada al evento gravitacional GW170817. Los datos de MASTER junto con los de otros muchos telescopios ópticos, infrarrojos y de radio, contribuyeron a clasificar esta fuente extragaláctica como una kilonova.

“Los telescopios robóticos de reacción rápida y gran campo de visión en el visible e infrarrojo jugarán en los próximos años un papel fundamental en la identificación de contrapartidas electromagnéticas de los eventos de ondas gravitacionales producidos por la fusión de estrellas de neutrones y otros objetos compactos”, remarca Rafael Reboló López, director del IAC.

Josefa Becerra, investigadora post-doctoral en el IAC y ponente en esta rueda de prensa, que ha contribuido con observaciones en rayos X con Chandra, y observaciones en radio y óptico-IR, nos cuenta como principalmente se ha encargado de la espectroscopia óptica con Gemini, cuyos resultados se publican simultáneamente hoy en la revista Nature.

Alberto J. Castro Tirado, Profesor de Investigación del Instituto de Astrofísica de Andalucía - CSIC comenta como “la observación de la contrapartida óptica en el Hemisferio Norte, horas después tras su descubrimiento desde el Hemisferio Sur, fue todo un reto. La única instalación española que lo logró fue el telescopio robótico Javier Gorosabel, que inauguramos en 2015 como parte de la estación astronómica BOOTES-5, en el Observatorio Nacional de San Pedro Mártir en Baja California (México) y con el que terminamos el despliegue de la Red BOOTES en el Hemisferio Norte. La observación se hizo apuntando casi al horizonte pocos minutos después de la puesta de Sol”. Además “el uso del VLT, el conjunto de 4 telescopios de 8,2m de diámetro en el Observatorio Austral Europeo en Cerro Paranal (Chile) por parte de nuestra colaboración, y con el que adquirimos espectros durante 15 días que cubren desde la zona del ultravioleta cercano hasta el infrarrojo cercano nos permitió identificar la “kilonova” asociada con la fuente emisora de ondas gravitacionales en la galaxia NGC 4993 a 130 millones de años-luz.”

Las contribuciones españolas para observar la contrapartida óptica han sido también cruciales para una nueva medida de la “constante de Hubble” - la cantidad que representa el ritmo de expansión local del universo, que determina la escala global del mismo y que es de importancia fundamental en cosmología. La nueva medida no precisa de ninguna “escalera de distancias cósmicas” y es independiente de medidas previas de esta cantidad fundamental. Por lo tanto, el nuevo descubrimiento también da inicio a la era de la cosmología de ondas gravitacionales.

Todas estas observaciones tienen el apoyo de “la Sociedad Española de Astronomía (SEA) , con sus 800 profesionales, y la RIA, como organismo que coordina las Infraestructuras Españolas Científico-Técnicas en Astronomía, que continuará aportando todo su conocimiento, experiencia e instrumentación de vanguardia al servicio de los dos desafíos que se nos plantean en los próximos años: incrementar la detección simultánea de contrapartidas electromagnéticas a estas ondas gravitacionales y avanzar en la comprensión de los fenómenos físicos que se vislumbran a través de esta nueva y fascinante ventana al universo”, como han enfatizado Francesca Figueras, presidenta de la SEA y Vicent Martínez, coordinador de la RIA.

### **Neutrinos, los otros mensajeros**

Los rayos cósmicos de muy alta energía fueron descubiertos hace más de un siglo y aún hoy se desconoce qué “aceleradores cósmicos” puedan producirlos. Los objetos compactos (estrellas de neutrones, micro-quásares, etc.) podrían ser algunos de estos aceleradores, pero no se conocen muy bien los mecanismos que estarían actuando. La información combinada que pueden proporcionar las



observaciones "multi-mensajero" son por tanto esenciales. En particular la observación de neutrinos de muy alta energía revelaría la aceleración de protones y núcleos cargados. El que los detectores de ondas gravitacionales pueden "avisar" de los cataclismos de objetos compactos a otros instrumentos, entre ellos a los telescopios de neutrinos, abre enormes posibilidades a la Física de Astropartículas. Esa búsqueda combinada ya se está produciendo: la astronomía de multi-mensajeros crece.

Enrique Zas, del Instituto Galego de Física de Altas Enerxías, y Juan José Hernández Rey, director del Instituto de Física Corpuscular (Universidad de Valencia/CSIC), indican que telescopios de neutrinos, entre ellos Pierre Auger y ANTARES, en el que trabajan científicos españoles, están buscando neutrinos asociados a esta fusión de estrellas de neutrones observada en ondas gravitacionales por LIGO-Virgo, "lo que demostraría que estos cataclismos son una de las (aún) misteriosas fuentes de rayos cósmicos".

*El Grupo de Relatividad y Gravitación es miembro del Instituto de Aplicaciones Computacionales de Código Comunitario (IAC3) de la UIB y del Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña (IEEC). Tiene el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad (FPA2016-76821-P), la Consejería de Educación, Cultura y Universidades y la Vicepresidencia y Consejería de Innovación, Investigación y Turismo del Gobierno de las Illes Balears, el Fondo Social Europeo, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Además, participa en el proyecto Consolider Ingenio Multidark (CSD2009-00064) y forma parte de la red Consolider: Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN – FPA2015-69037-REDC) y de la Red Nacional de Astropartículas (RENATA- FPA2015-68783-REDT)*

*El Grupo Virgo de la Universidad de Valencia tiene el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad (AYA2015-66899-C2-1-P), y la Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport de la Generalitat Valenciana (PROMETEOII-2014-069). Participa en los proyectos "NewCompStar: Exploring fundamental physics with Compact Stars" (MNPS COST Action MP1304), "PHAROS: The multi-messenger physics and astrophysics of compact stars" (CA COST ACTION CA16214), "FunFICO: Fundamental fields and compact objects: theory and astrophysical phenomenology" (H2020-MSCA-RISE-2017).*

*Ambos grupos tienen el apoyo de la Red Española de Supercomputación y PRACE, participan en el proyecto "GWverse: Gravitational waves, black holes, and fundamental physics" (CA COST ACTION CA16104), y forman parte de la Red Temática de Ondas Gravitacionales (REDONGRA – FPA2015-69815-REDT).*

## Enlaces relacionados

Artículo: "GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star merger."

\*\* El artículo estará disponible para leer online a las 4 pm CEST el 16 de octubre del 2017.

