

EL LEGADO DE UNA DÉCADA

Hace diez años los observatorios LIGO detectaron por primera vez ondas gravitacionales, confirmando una predicción clave de Einstein y marcando el inicio de una nueva era en la astronomía. En una década, la colaboración LIGO–Virgo–KAGRA ha registrado más de 300 señales, revelando detalles inéditos sobre agujeros negros y estrellas de neutrones. En España, varios grupos han contribuido decisivamente a esta revolución científica.



Joan-René Mérou
joan-rene.merou@uib.es

Maria Rosselló
maria.rossello@uib.es

Jorge Valencia
jorge.valencia@uib.es

Alicia M. Sintés
alicia.sintes@uib.es

Dept. de Física, Universitat de les Illes Balears

UNA NUEVA ERA PARA LA ASTRONOMÍA

El 14 de septiembre de 2015 marcó un antes y un después en la historia de la ciencia. Ese día, un leve estremecimiento del espacio-tiempo atravesó la Tierra y fue registrado por los interferómetros láser del experimento **LIGO** en Estados Unidos (ver Figura 1). Aquella señal, conocida como **GW150914**, era el eco lejano de la colisión de dos agujeros negros ocurrida hace 1.300 millones de años. Por primera vez, la humanidad había logrado “escuchar” el universo.

Con esa detección, se confirmaba una de las predicciones más audaces de la teoría de la relatividad general de Einstein: la existencia de ondas gravitacionales, diminutas ondulaciones que se propagan en el tejido del espacio-tiempo y que son generadas por materia acelerada. El hallazgo, **anunciado públicamente** en febrero de 2016, no sólo validó una teoría centenaria, sino que inauguró una nueva forma de explorar el cosmos.

Desde entonces, el campo de la astronomía de ondas gravitacionales ha vivido una expansión extraordinaria. En apenas una década, la colaboración internacional LIGO–Virgo–KAGRA (LVK) ha detectado más de trescientas señales, abriendo una ventana completamente nueva al universo y proporcionando información inédita sobre agujeros negros, estrellas de neutrones y los procesos más extremos de la naturaleza.

España ha estado presente desde el inicio de esta revolución, con grupos como **GRAVITY (UIB)** contribuyendo al desarrollo de modelos teóricos y herramientas de análisis esenciales para interpretar las señales detectadas. Diez años después de **GW150914**, el legado de las ondas gravitacionales va mucho más allá de sus primeras detecciones: ha transformado la forma en que observamos el universo.

LA PRIMERA DETECCIÓN: CUANDO EINSTEIN TUVO RAZÓN

El primer evento, **GW150914**, fue la confirmación de un sueño científico que había durado décadas. La señal procedía de dos agujeros negros con masas de unas 36 y 29 veces la del Sol, que al fusionarse formaron un nuevo agujero negro ligeramente menos masivo que la suma de las masas de sus progenitores. Esta diferencia de masa, que equivalía a la masa de tres soles, se transformó íntegramente en energía gravitacional, viajando a la velocidad de la luz hasta nuestros detectores.

DE ONDAS GRAVITACIONALES

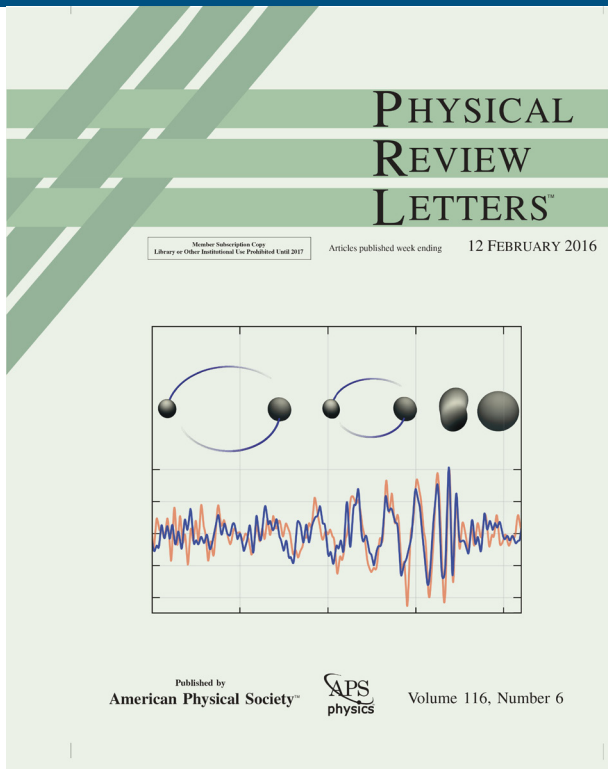


Figura 1. Portada de la revista científica *Physical Review Letters* el 12 de febrero de 2016. Se muestran las señales registradas por los observatorios LIGO Hanford (naranja) y LIGO Livingston (azul) el 14 de septiembre de 2015. La señal de Hanford ha sido invertida y desplazada en el tiempo para compensar la orientación relativa y el tiempo de propagación de la luz entre ambos detectores. Sobre la señal se representa cómo cambian las posiciones relativas de los dos agujeros negros a medida que orbitan y finalmente se fusionan. Créditos: *Physical Review Letters*.

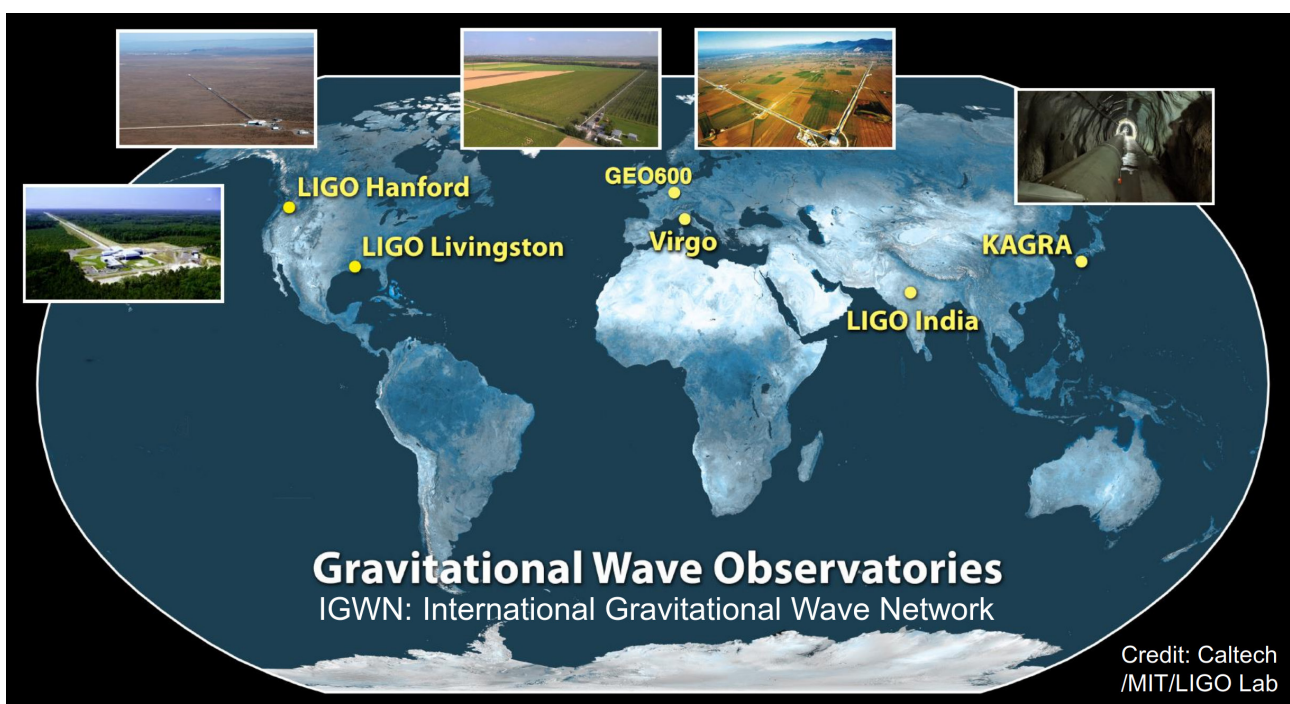
Esta detección demostró que los agujeros negros binarios realmente existen y que su fusión genera ondas gravitacionales observables. La teoría de Einstein había resistido la prueba. El logro fue reconocido con el [Premio Nobel de Física de 2017](#), otorgado a Rainer Weiss, recientemente fallecido, Kip Thorne y Barry Barish por su papel en la concepción y desarrollo de LIGO.

Pero más allá del premio, [GW150914](#) simbolizó el nacimiento de una nueva disciplina: la astronomía de ondas gravitacionales, que desde entonces complementa a la tradicional basada en la luz. Por primera vez, podíamos estudiar el universo a través de una “audición cósmica”.

UNA DÉCADA DE DESCUBRIMIENTOS

Desde 2015, la red de detectores de ondas gravitacionales se ha ampliado y mejorado significativamente. Además de GEO600 (Alemania), operativo desde años anteriores, la red cuenta con los dos interferómetros [LIGO](#) —en Hanford (Washington) y Livingston (Luisiana)—, a los que se sumaron [Virgo](#) (Italia) en 2017 y [KAGRA](#) (Japón) más recientemente. Juntos forman una red global capaz de triangular con gran precisión el origen de las señales (ver Figura 2).

Figura 2. Mapa global de la red actual de detectores interferométricos terrestres de ondas gravitacionales. Los observatorios LIGO Hanford (Estados Unidos), LIGO Livingston (Estados Unidos), Virgo (Italia), KAGRA (Japón) y GEO600 (Alemania) forman una red internacional que permite localizar con precisión el origen de las señales de ondas gravitacionales detectadas. Se está planificando un sexto observatorio en la India. Créditos: Caltech/MIT/LIGO Lab (<https://www.ligo.caltech.edu/image/ligo20160211c>).



Los detectores actuales pueden medir variaciones en la distancia entre sus espejos inferiores a una diezmilésima del tamaño de un protón, una precisión equivalente a detectar una alteración más pequeña que una billonésima del grosor de un cabello humano.

A lo largo de cuatro campañas de observación (O1–O4), la colaboración LIGO–Virgo–KAGRA (LVK) ha detectado cientos de eventos. Algunos de ellos destacan por su relevancia. Entre ellos, GW170817 supuso un antes y un después en la astronomía moderna. Detectada el 17 de agosto de 2017, fue la primera señal de ondas gravitacionales procedente de

la fusión de dos estrellas de neutrones, localizadas a unos 130 millones de años luz. Por primera vez, el mismo fenómeno se observó simultáneamente mediante ondas gravitacionales y luz en todo el espectro electromagnético, desde rayos gamma hasta ondas de radio (ver Figura 3). Esto se debe a que además de generar ondas gravitacionales, el evento produjo un intenso destello de emisión electromagnética: primero un estallido de rayos gamma y después una kilonova observable por telescopios de todo el mundo durante más de un año. Por primera vez, fue posible relacionar directamente las ondas gravitacionales con una explosión electromagnética.

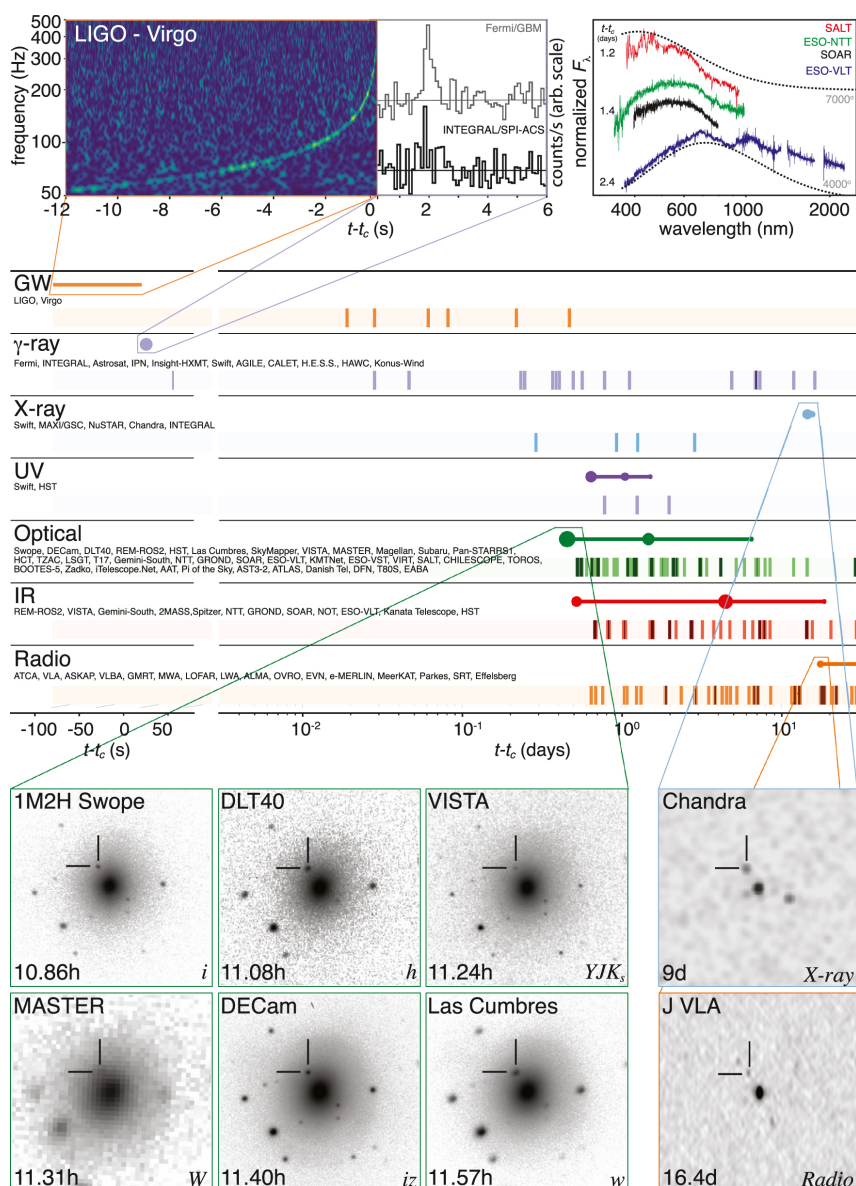


Figura 3. Línea de tiempo del descubrimiento de la onda gravitacional GW170817, el estallido de rayos gamma GRB 170817A y la contrapartida óptica SSS17a/AT 2017gfo. Se muestran las observaciones en distintas longitudes de onda y mensajeros respecto al instante del evento. Las líneas sombreadas indican cuándo la información se reportó con boletines GCN (General Coordinates Network), mientras que los círculos representan observaciones destacadas, con tamaños proporcionales al brillo detectado. En los recuadros ampliados se ilustran las primeras detecciones mediante ondas gravitacionales (LIGO-Virgo), rayos gamma (Fermi, INTEGRAL), óptico (Swope, DLT40, VISTA, MASTER, DECam, Las Cumbres), rayos X (Chandra) y radio (J VLA). Los espectros se muestran normalizados y desplazados para facilitar la comparación. Créditos: figura 2 de <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/aa91c9>.

Este hito dio origen a la astronomía multimensajero con ondas gravitacionales, permitiendo estudiar la física extrema de la materia densa y confirmar que las colisiones de estrellas de neutrones son el origen cósmico de los elementos pesados como el oro, la plata o el platino. Así, las joyas que llevamos o los metales presentes en la Tierra son, literalmente, el resultado de colisiones cósmicas catastróficas.

Dos años más tarde, [GW190521](#) reveló la fusión más masiva registrada hasta entonces, dando lugar a un agujero negro de unas 140 masas solares, una masa que desafía la predicción teórica de la llamada “brecha de masa por inestabilidad de pares”, el rango de masas donde no se esperaba que se formaran agujeros negros. Por su parte, [GW200105](#) y [GW200115](#), en 2020, representaron el descubrimiento de un nuevo tipo de fuente: las fusiones mixtas entre un agujero negro y una estrella de neutrones.

En 2023, [GW230529](#) supuso la observación de la fusión de una estrella de neutrones y un objeto compacto desconocido. La naturaleza de este objeto es incierta por tener una masa mayor que la esperada para estrellas de neutrones y menor la esperada para agujeros negros, lo que se conoce como brecha de masas inferior. Este es el caso también de [GW190814](#), en el que uno de los componentes se sitúa también en dicha región de la brecha de masas. También en 2023, [GW231123](#), involucró la fusión de dos agujeros negros con masas de 140 y 100 veces la del Sol, dando lugar a otro agujero negro de unas 225 masas solares. Este evento es, hasta la fecha, el más masivo detectado por la colaboración, superando a su predecesor [GW190521](#). Agujeros negros de tales masas deberían ser muy raros o inexistentes según las teorías actuales de evolución estelar, y podrían haber sido formados por anteriores fusiones de agujeros negros más ligeros.

Durante 2024, dos detecciones casi consecutivas, [GW241011](#) y [GW241110](#), mostraron agujeros negros con espines inusuales, compatibles con la hipótesis de ser agujeros negros de segunda generación, lo que sugiere procesos evolutivos más complejos de lo que se pensaba. Estos resultados demuestran cómo las ondas gravitacionales se han convertido en un laboratorio natural para estudiar la física bajo condiciones extremas.

En el décimo aniversario de la primera detección, la colaboración LVK presentó a [GW250114](#), un evento muy similar a aquel [GW150914](#). Como se puede ver en la figura 4, gracias a una década de mejoras tanto en la red global de detectores como en los métodos utilizados para analizar sus datos, la señal se detectó con una intensidad tres veces mayor en relación con el ruido que en la primera detección. Este evento, no solo confirmó otra vez la teoría de la relatividad general de Einstein, sino que, al ser una detección tan clara, sirvió para validar el teorema del área de Stephen Hawking, que establece que cuando dos agujeros negros se fusionan, el área del agujero negro resultante es mayor a la combinación de las de los progenitores.

En conjunto, los descubrimientos de esta década han cambiado nuestra visión del universo: ahora sabemos que las fusiones de agujeros negros son mucho más frecuentes de lo que se creía, y que el cielo está repleto de estos sistemas binarios. La figura 5 muestra el gráfico actualizado de “Masas en el Cementerio Estelar” con los resultados del último catálogo [GWTC-4.0](#), que pone de manifiesto el impresionante aumento en los descubrimientos realizados por la colaboración LVK y cómo los detectores de ondas gravitacionales han abierto una ventana completamente nueva al universo, permitiéndonos complementar las observaciones realizadas por los telescopios electromagnéticos.

PONIENDO A PRUEBA LA RELATIVIDAD Y LA FÍSICA FUNDAMENTAL

Cada señal detectada es una oportunidad para poner a prueba los límites de la relatividad general. Las ondas gravitacionales transportan información directa sobre el campo gravitatorio en regiones donde la curvatura del espacio-tiempo alcanza valores extremos, imposibles de recrear en la Tierra.

Los análisis de los datos de LVK han permitido confirmar con precisión sin precedentes las predicciones de Einstein:

- La velocidad de propagación de las ondas gravitacionales es indistinguible de la de la luz.
- Los agujeros negros formados tras las fusiones obedecen las leyes de la relatividad, describiéndose únicamente por su masa y espín.
- No se han encontrado indicios de polarizaciones o modos de radiación distintos de los previstos por la teoría.

En 2023, la observación de múltiples frecuencias en la fase final —el “ringdown”— de una fusión de agujeros negros proporcionó la primera detección multi-modo de las vibraciones de un horizonte de sucesos. Estas mediciones permiten comprobar la llamada “no-hair theorem”, según la cual los agujeros negros se describen únicamente por tres parámetros: masa, espín y carga eléctrica. Hasta el momento, la naturaleza sigue sin contradecir a Einstein.

Sin embargo, el campo no se limita a confirmar teorías existentes. La precisión alcanzada por los detectores actuales permite también buscar nuevas partículas o efectos exóticos predichos por modelos de física más allá del estándar, como bosones ultraligeros o señales de materia oscura asociadas a los agujeros negros. Cada mejora de sensibilidad amplía el horizonte de lo que podemos descubrir.

ONDAS GRAVITACIONALES PARA COMPRENDER EL COSMOS

Cada nueva detección aporta una pieza al rompecabezas de la evolución estelar y galáctica. Las ondas gravitacionales no solo nos permiten estudiar los objetos más compactos del universo, sino también entender cómo se forman y crecen los agujeros negros a lo largo del tiempo.

Los eventos detectados por LIGO–Virgo–KAGRA han revelado una gran diversidad de masas y configuraciones. Se han identificado agujeros negros ligeros, similares a los que se forman tras la muerte de estrellas masivas, y también otros intermedios, con decenas o incluso cientos de masas solares, que podrían ser los eslabones perdidos hacia los agujeros negros supermasivos que habitan en los centros de las galaxias.

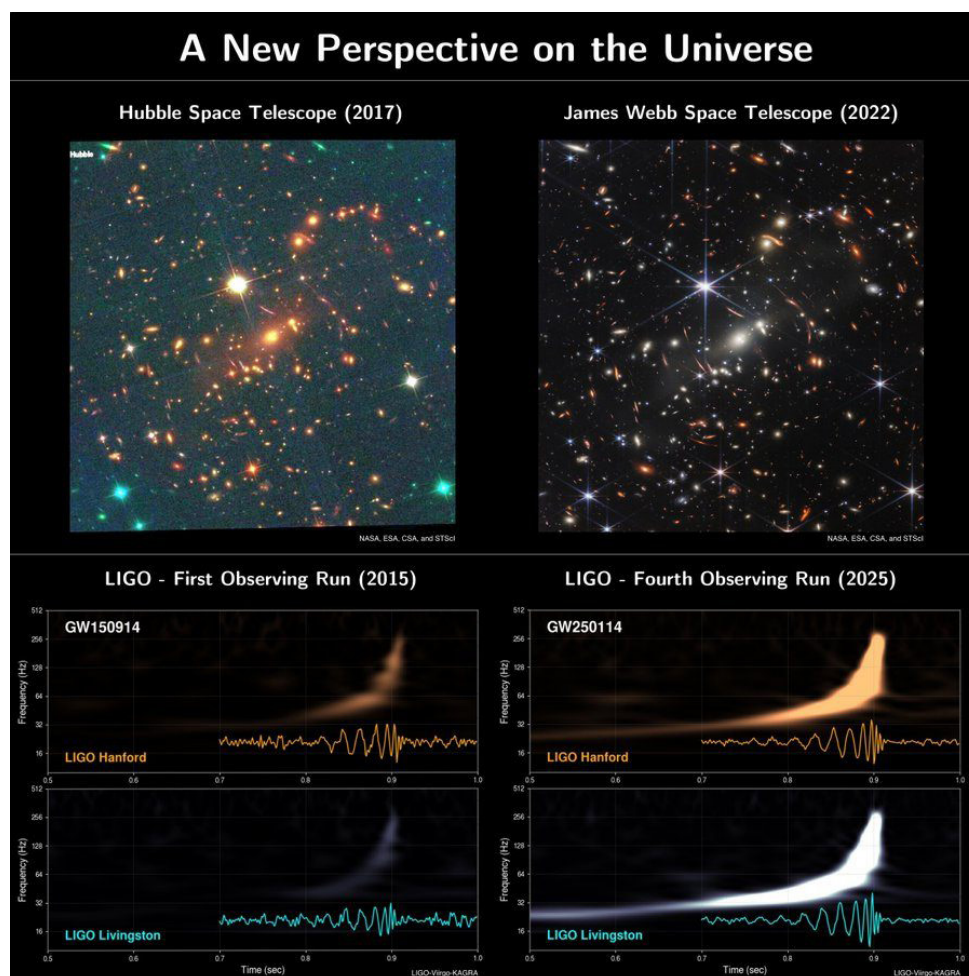
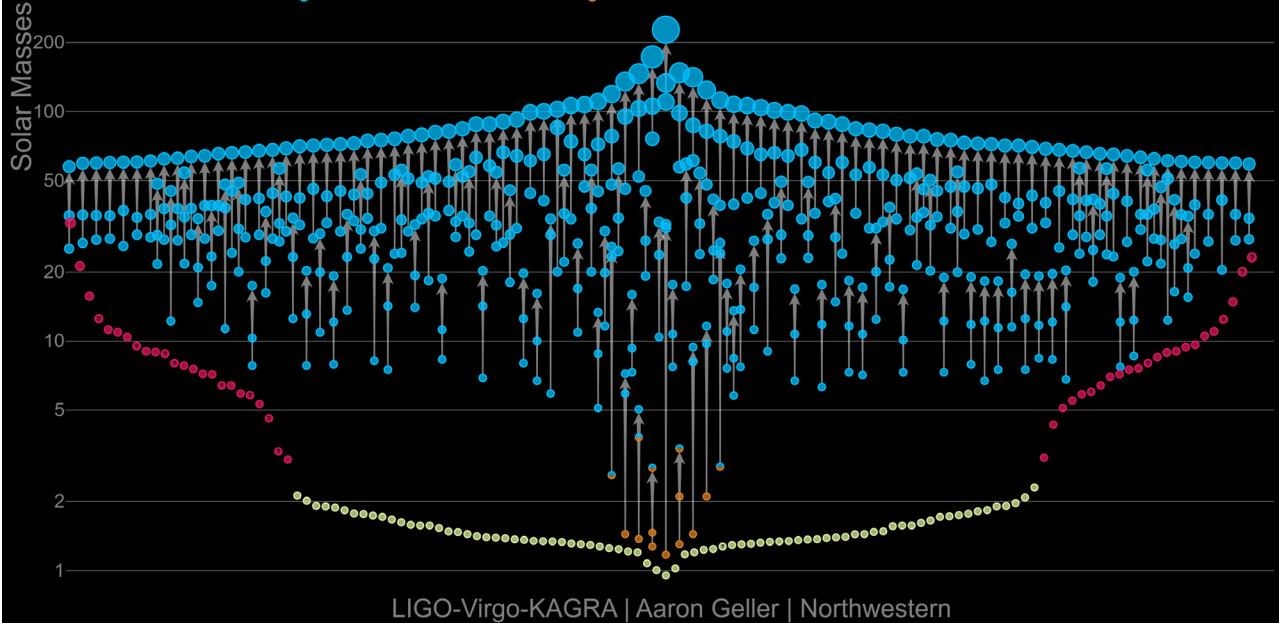


Figura 4. Comparación entre las señales GW150914 (2015) y GW250114 (2025), separadas por una década de avances tecnológicos. Ambos eventos corresponden a la fusión de dos agujeros negros con masas similares, pero la mejora en la sensibilidad de los detectores LIGO–Virgo–KAGRA permite apreciar con mayor claridad los detalles de la señal GW250114. La diferencia en nitidez ilustra el progreso alcanzado en una década de instrumentación gravitacional. En la parte superior, una analogía visual: la misma región del espacio observada por el Hubble Space Telescope (izquierda) y por el James Webb Space Telescope (derecha), reflejando cómo la mejora de los observatorios tanto ópticos como gravitacionales contribuye a una mejor visión del universo. Créditos: Colaboración LIGO–Virgo–KAGRA / NASA / ESA / STScI. Créditos: Dr. Derek Davis (Caltech, LIGO Laboratory).

Masses in the Stellar Graveyard

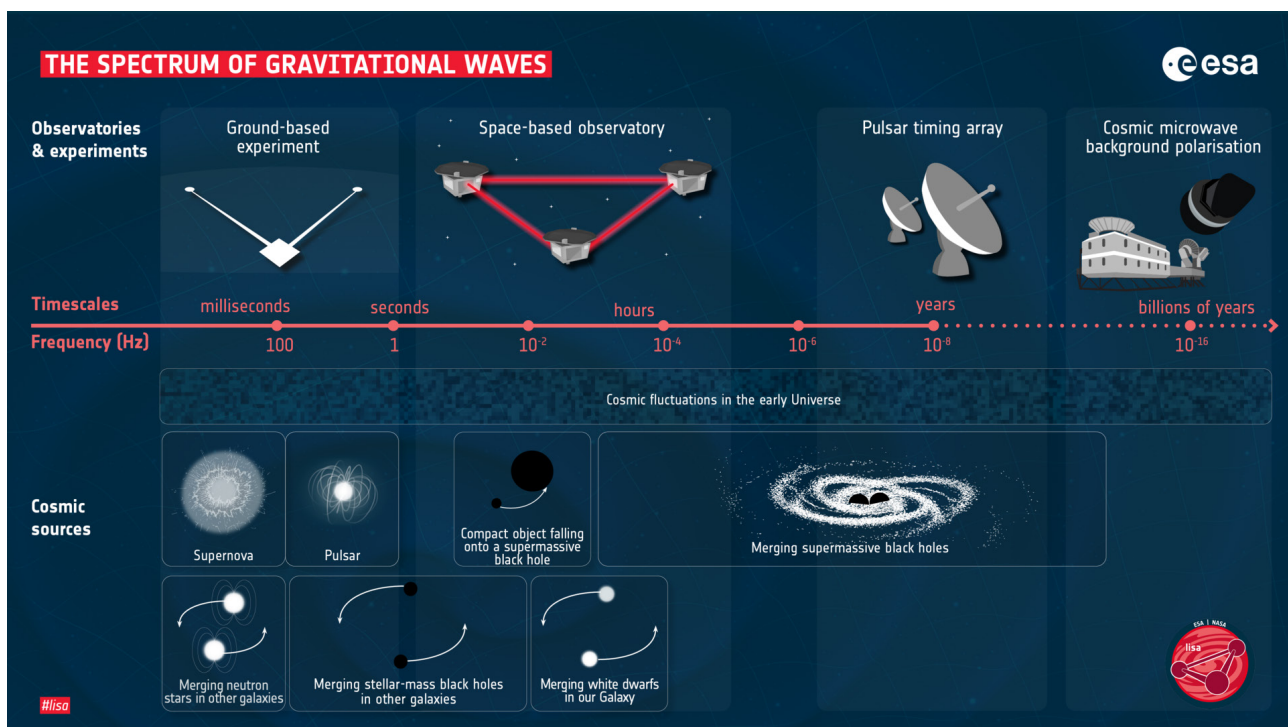
LIGO-Virgo-KAGRA Black Holes LIGO-Virgo-KAGRA Neutron Stars EM Black Holes EM Neutron Stars



LIGO-Virgo-KAGRA | Aaron Geller | Northwestern

Figura 5. Número y masas de los agujeros negros y estrellas de neutrones descubiertos por la colaboración LIGO–Virgo–KAGRA (LVK) (puntos azules y naranjas), en poco más de ocho años desde la primera detección, y los hallados mediante observaciones electromagnéticas tradicionales (puntos rojos y amarillos) a lo largo de las últimas seis décadas. Créditos: LIGO–Virgo–KAGRA / Aaron Geller / Northwestern (<https://www.ligo.caltech.edu/news/ligo20250826>).

Figura 6. El espectro de las ondas gravitacionales y los observatorios diseñados para detectarlas. Las diferentes fuentes astrofísicas generan ondas gravitacionales con períodos que varían desde milisegundos hasta miles de millones de años. Los detectores terrestres (LIGO, Virgo, KAGRA) son sensibles a las ondas de alta frecuencia, mientras que las misiones espaciales como LISA (ESA) explorarán las frecuencias bajas, producidas por fusiones de agujeros negros supermasivos o sistemas binarios compactos. Las redes de sincronización de púlsares (PTA) detectan las señales más lentas del universo, originadas por pares de agujeros negros gigantes en el corazón de las galaxias. Créditos: ESA / C. Carreau. Fuente: (https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/09/The_spectrum_of_gravitational_waves).



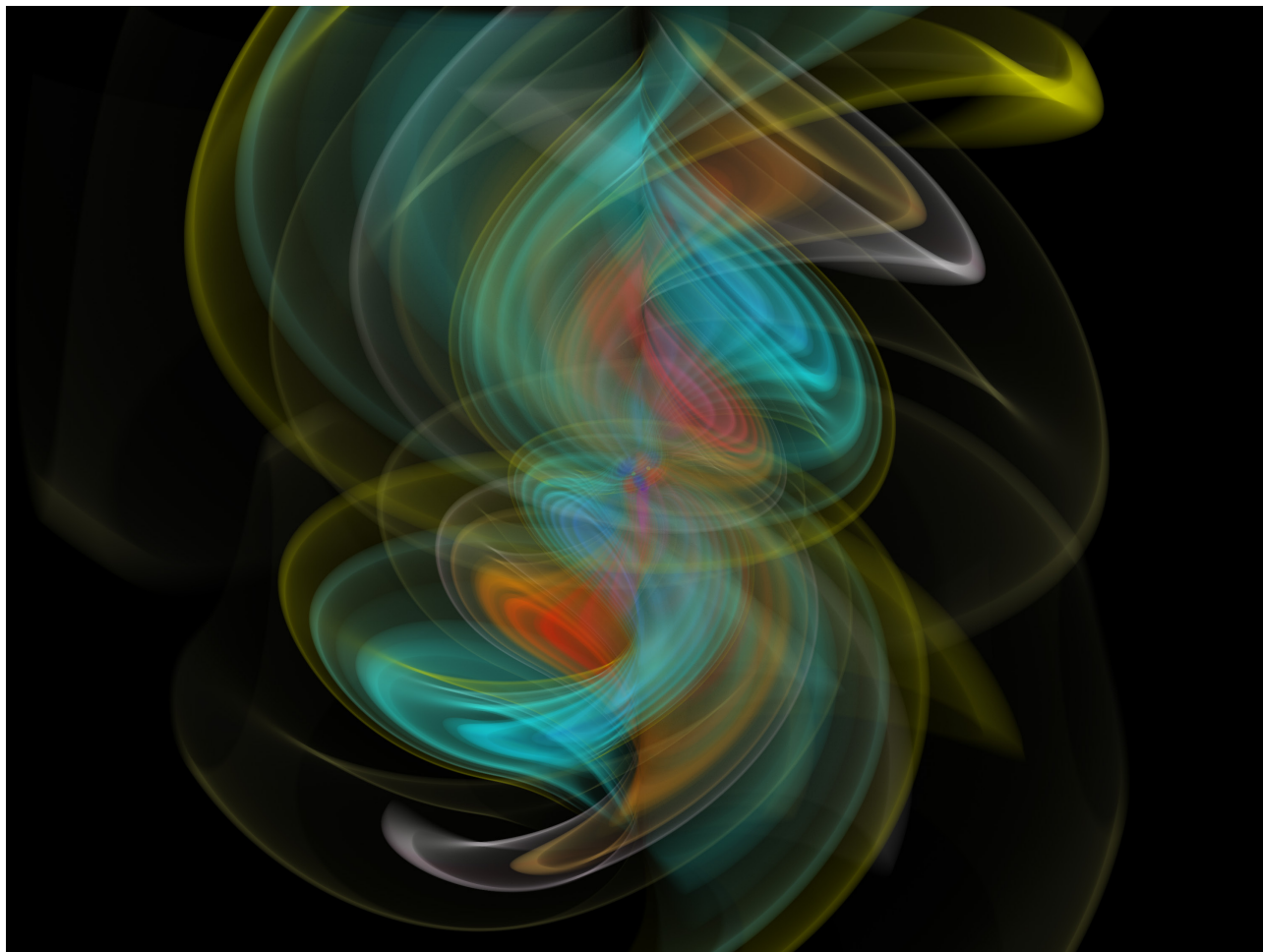


Figura 7. Simulación numérica de las ecuaciones de campo de Einstein realizada en el grupo GRAVITY de la Universitat de les Illes Balears. Créditos: Dr. Sascha Husa (simulación) y Rafel Jaume (visualización).

Aunque hasta la fecha solo se han detectado ondas gravitacionales procedentes de fusiones que involucran agujeros negros y estrellas de neutrones, estas no constituyen la única fuente potencial de detecciones. Las ondas gravitacionales abarcan un amplio rango de frecuencias, desde las más altas, captadas por LIGO, Virgo y KAGRA, hasta las extremadamente bajas, observadas mediante redes de púlsares (ver Figura 6). Cada rango de frecuencias revela distintos fenómenos del cosmos y requiere instrumentos diseñados para su escala temporal específica. Otras fuentes, como supernovas o ondas gravitacionales continuas originadas en estrellas de neutrones, también podrían ser detectables con los instrumentos actuales, aunque hasta ahora no se ha registrado ninguna observación. En este

contexto, futuros observatorios y avances tecnológicos prometen ampliar el espectro de ondas gravitacionales accesible, explorando señales provenientes de fuentes aún no detectadas.

En el rango más bajo de frecuencias, experimentos como [NANOGrav](#), con la participación española del [Bilbao Early Universe Cosmology Group](#) (UPV/EHU), y su homólogo europeo [EPTA](#) han reportado evidencia de ondas gravitacionales de muy baja frecuencia, probablemente generadas por pares de agujeros negros supermasivos que orbitan lentamente uno alrededor del otro en los núcleos galácticos. Estos resultados complementan las observaciones de LIGO–Virgo–KAGRA y muestran que el universo resuena con una auténtica sinfonía gravitacional en múltiples escalas.

LA APORTACIÓN ESPAÑOLA

España ha jugado un papel relevante en esta revolución científica desde sus inicios. Varios grupos nacionales participan activamente en la colaboración internacional LIGO–Virgo–KAGRA, en el proyecto [Einstein Telescope](#) y en el desarrollo de la futura misión espacial [LISA](#) (Laser Interferometer Space Antenna) de la [Agencia Espacial Europea \(ESA\)](#).

Entre ellos, destaca el grupo [GRAVITY](#) de la [Universitat de les Illes Balears \(UIB\)](#), que forma parte de la colaboración LIGO desde 2002 y contribuye tanto en el desarrollo de modelos teóricos de señales como en el análisis de datos y la interpretación astrofísica de las detecciones. Las herramientas numéricas desarrolladas por el grupo (ver Figura 7) son hoy esenciales para identificar y caracterizar con precisión las ondas gravitacionales observadas.

Otros equipos españoles, como la [Universidad de Valencia](#), el [Institut de Ciències de l'Espai \(ICE-CSIC/IEEC\)](#), el [Instituto Galego de Física de Altas Enerxías](#)

(IGFAE), el [Institut de Física d'Altes Energies \(IFAE\)](#), el [Institut de Ciències del Cosmos de la Universitat de Barcelona \(ICCUB\)](#), el [Instituto de Física Teórica \(IFT\)](#), el [Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas \(CIEMAT\)](#), el [Instituto de Física Corpuscular \(IFIC\)](#), el [Bilbao Early Universe Cosmology Group \(UPV/EHU\)](#) la [Universidad de Granada](#), o la [Universidad de A Coruña](#), entre otros, participan en diferentes aspectos del programa: desde el modelado teórico y la física fundamental hasta la instrumentación óptica y los sistemas de control de los detectores.

Además de su contribución científica y teórica, numerosos investigadores e investigadoras españoles han trabajado directamente en los detectores LIGO y Virgo, colaborando in situ con los equipos internacionales responsables de su operación y mantenimiento. Su participación ha abarcado desde tareas de calibración y caracterización instrumental hasta el desarrollo de sistemas ópticos y de control de precisión (ver Figuras 8 y 9).

Figura 8. El investigador Rafel Jaume (Universitat de les Illes Balears) durante una inspección en la sala HAM6 del observatorio LIGO Hanford, en el marco del periodo de observación O4b. En la imagen se le observa revisando el sistema Fast Shutter, un componente del control óptico que protege el interferómetro ante perturbaciones externas, evitando que estas haces de luz de alta intensidad dañen componentes ópticos frágiles. Créditos: Rafel Jaume, Joan-René Mérou.

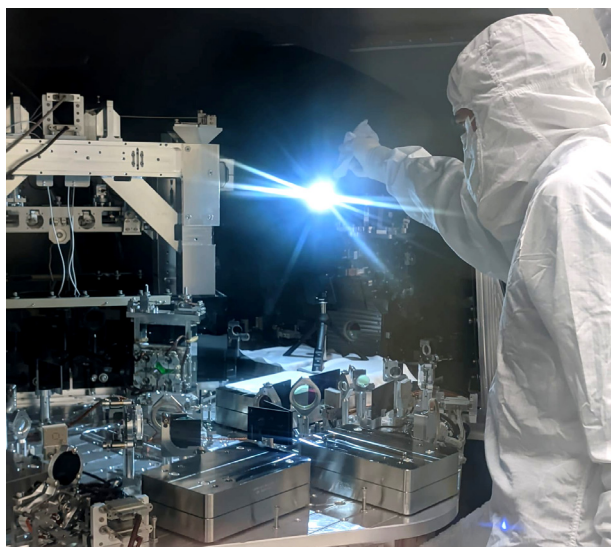
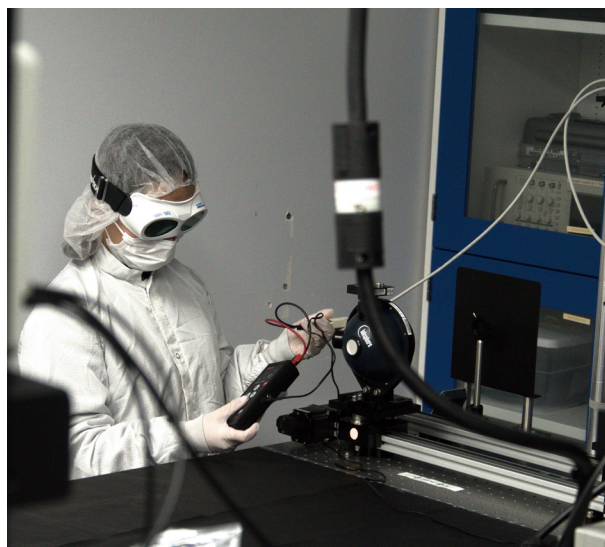


Figura 9. La investigadora Alicia Calafat (Universitat de les Illes Balears) trabajando en el laboratorio PCAL (Photodetector Calibration) en el observatorio LIGO Hanford durante el periodo de observación O4c. En la imagen se observa a Alicia sujetando un multímetro usado para medir el voltaje en el receptor esférico (fotodetector) situado sobre la mesa. Este receptor es del mismo tipo que los usados para medir la absorción de luz en los espejos situados al final de cada brazo del detector. Créditos: Alicia Calafat, Joan-René Mérou.



La participación española también se extiende hacia el futuro. En concreto, España colabora activamente en el proyecto europeo [Einstein Telescope \(ET\)](#), el observatorio de tercera generación que promete aumentar la sensibilidad actual en más de un orden de magnitud. Nuestro país forma parte de su consorcio y trabaja activamente en posibles sinergias científicas e industriales. Además, de Einstein Telescope, España también se ha comprometido con la futura misión espacial [LISA](#), mediante la firma de acuerdos multilaterales destinados a proporcionar centros de computación y desarrollar técnicas avanzadas de análisis de datos.

Esta presencia refleja el crecimiento sostenido de la comunidad española de ondas gravitacionales, reflejada en gran parte en la figura 10, que ha pasado de ser un pequeño grupo pionero a una red consolidada, con infraestructuras como [REDONGRA](#) (Red Española de Física de Ondas Gravitacionales), y reconocida internacionalmente. El legado de esta década también es humano: una nueva generación de investigadoras e investigadores formados en esta apasionante frontera de la física.

DIEZ AÑOS DESPUÉS: UN LEGADO QUE MIRA AL FUTURO

Diez años después de [GW150914](#), la astronomía de ondas gravitacionales se ha convertido en una herramienta esencial para comprender el universo. Lo que comenzó como una apuesta tecnológica de alto riesgo es hoy una disciplina madura y con un futuro prometedor. Los detectores terrestres continúan mejorando: LIGO A+ y Virgo+ entrarán en funcionamiento con ópticas más avanzadas y sistemas de reducción de ruido cuántico; KAGRA perfecciona su criogenia para alcanzar la sensibilidad de diseño, y LIGO-India, actualmente en construcción, completará la red global a finales de esta década, que pasará a denominarse [International Gravitational-Wave Observatory Network \(IGWN\)](#).

En paralelo, la ESA avanza hacia el lanzamiento, planeado para 2035, de LISA, la primera misión espacial dedicada a la detección de ondas gravitacionales en el rango de bajas frecuencias (ver Figura 11). Con ella, se abrirá una nueva ventana para estudiar agujeros negros supermasivos, sistemas binarios galácticos y el universo primitivo. Se han cumplido 10 años también desde la exitosa misión [LISA Pathfinder](#), con la partici-

Figura 10. Imagen de grupo de la conferencia “10th Anniversary of the Discovery of Gravitational Waves” celebrada en Palma, España, entre el 15 y 16 de septiembre de 2025. Créditos: GRAVITY (UIB), Joan-René Mérou.



pación destacada del Instituto de Ciencias del Espacio (ICE-CSIC/IEEC) en Barcelona. LISA Pathfinder probó la tecnología necesaria para medir con extrema precisión la distancia entre masas en caída libre, sentando las bases para la misión futura. LISA nos permitirá “escuchar” ondas gravitacionales que nunca antes hemos detectado. Combinada con los detectores terrestres, ofrecerá una visión más completa del cosmos y podría revelar fenómenos totalmente inesperados, transformando nuestra comprensión del universo.

En tierra, el [Einstein Telescope](#) será la próxima gran apuesta europea. Con brazos subterráneos de 10 kilómetros y tecnología criogénica, permitirá observar prácticamente todas las fusiones de agujeros negros estelares que ocurran en el universo observable y explorar épocas cósmicas aún inalcanzables. El legado de esta primera década es inmenso: ha transformado nuestra comprensión del cosmos, ha fortalecido la cooperación científica internacional y ha inspirado a toda una generación de jóvenes investigadores. Pero, sobre todo, nos ha enseñado que el universo no solo se puede ver, sino también escuchar.

CONCLUSIÓN

Desde la primera señal detectada en 2015 hasta los cientos de señales que son registradas a día de hoy con alta precisión, las ondas gravitacionales han abierto la puerta a una nueva era de la astronomía. Con cada detección podemos obtener información relevante para comprender mejor la historia y el funcionamiento del universo.

El camino que se abre ahora es tan prometedor como desafiante. Con LISA, el Einstein Telescope y nuevas generaciones de detectores, seremos capaces de rastrear las ondas gravitacionales desde los albores del tiempo. Diez años después de aquella primera señal, el futuro de la astronomía gravitacional apenas comienza.

AGRADECIMIENTOS

Joan-René Mérou, Maria Rosselló y Jorge Valencia están respaldados por las becas FPU del Ministerio de Universidades de España: FPU22/01187, FPU21/05009 y FPU22/02211, respectivamente.

Figura 11. Representación artística de la misión LISA (Laser Interferometer Space Antenna), en la que tres satélites se disponen en una configuración triangular con lados de aproximadamente 2.5 millones de kilómetros, comunicados mediante haces láser, orbitando alrededor del Sol en una trayectoria que sigue a la Tierra. Créditos: [AEI/MildeMarketing/Exozet - European Space Agency \(ESA\)](#).

