

## **Buenas ideas, buena organización, gran descubrimiento: el Nobel de Física 2017**

Jorge Velasco

En general, los premios Nobel de Física suelen ser bastante previsibles, aunque a veces salta la sorpresa. No en el de 2017. La nota de prensa de la Academia sueca del 3 de octubre anunciaba que el de este año se dividía en una mitad para Rainer Weiss, del Massachusetts Institute of Technology (MIT), y la otra conjuntamente para Barry C. Barish y Kip S. Thorne, ambos del California Institute of Technology (Caltech) [«por contribuciones decisivas al detector LIGO y por la observación de ondas gravitacionales»](#).

### **El detector LIGO y las ondas gravitacionales**

El detector LIGO (acrónimo del Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) consta en realidad de dos grandes detectores (interferómetros con brazos perpendiculares de cuatro kilómetros cada uno): uno en Handford, en el Estado de Washington, y otro en Livingston, en el de Luisiana, separados por tres mil kilómetros. Así, cualquier señal producida por una onda gravitacional en el primero debe producirse también en el segundo, lo que da mayor seguridad de que lo que se mide es real y no un «artefacto» producido por el detector. Además del laboratorio, LIGO engloba a una organización asociada, la LIGO Scientific Collaboration (LSC) para analizar los datos. En total, se hallan involucradas más de mil personas y un centenar de laboratorios de veinte países distintos. Cabe destacar la veterana participación del [Grupo de Relatividad y Gravitación \(GRG\)](#), de la Universitat de les Illes Balears, liderado por la investigadora Alicia Sintès, cuyo trabajo se centra en la búsqueda de ondas gravitacionales procedentes de agujeros negros y estrellas de neutrones, y el modelado computacional necesario para identificar dichas fuentes

Existe un análogo europeo de menor tamaño, VIRGO (llamado así por el glóbulo de Virgo, situado en la constelación del mismo nombre a unos cincuenta millones de años-luz, en el que se calcula que existen unas mil quinientas galaxias) donde participan unas doscientas cincuenta personas de veinte laboratorios (entre los cuales, desde 2016, se incluye un grupo de la Universitat de València) y seis países. VIRGO consta de un solo interferómetro, situado cerca de Pisa, en Italia, con brazos de tres kilómetros. Al igual que LIGO es el fruto de la colaboración entre el MIT y Caltech, VIRGO nació gracias al esfuerzo de dos instituciones científicas europeas: el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) francés, y el Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), que coordina la física nuclear, de partículas y la astrofísica en Italia.

En cuanto a las ondas gravitacionales, ¿quién negará la extraordinaria importancia de su observación *directa*, confirmando la predicción, hecha en 1916 por Albert Einstein en los albores de su Teoría de la Relatividad General, de que el espacio-tiempo también vibra? Es un lugar común recordar que, durante muchos años, Einstein no estuvo convencido de que sería posible detectarlas. Al igual que le ocurrió con los agujeros

negros, no estaba seguro de su realidad «real». Uno de los más entusiastas divulgadores de la teoría, Arthur Eddington, compartía este punto de vista y afirmaba que las ondas gravitacionales «se propagaban a la velocidad del pensamiento». También al homólogo einsteniano en la física experimental del siglo XX, Ernest Rutherford, descubridor del núcleo atómico, se le atribuye un desliz análogo cuando afirmó, refiriéndose a la posibilidad de conseguir algo útil usando la fisión del átomo: [«Quien espere una fuente de energía de la transformación de los átomos está diciendo tonterías»](#). Pero el avance imparable de la ciencia desautoriza con frecuencia incluso a sus mejores practicantes. A finales de los años cincuenta, la existencia de las ondas gravitacionales fue aceptada basándose en cálculos precisos que mostraban que aquellas llevaban energía, lo que implicaba que, en principio, eran detectables.

Sobre las características de LIGO y VIRGO, de los agujeros negros y de las ondas gravitacionales en el marco de la Teoría de la Relatividad General de Einstein, así como de la primera detección de éstas, nos hemos ocupado *in extenso* en un [artículo previo](#) en *Revista de Libros* al que remito al lector interesado.

Recordemos el hecho histórico, la primera observación directa realizada por seres humanos de ondas gravitacionales: el 14 de septiembre de 2015, LIGO midió una señal (GW 150914, en el código de LIGO) que correspondía a la *coalescencia* de dos agujeros negros de 29 y 36 veces la masa del Sol, cuyo diámetro no llegaba a los doscientos kilómetros, situados a una distancia de 1.300 millones de años-luz (en el momento de la coalescencia, la vida en la Tierra pasaba de su etapa unicelular a los organismos multicelulares), que dio lugar a la formación de un agujero negro de 62 masas solares. Durante décimas de segundo emitieron una energía equivalente a tres masas solares en forma de ondas gravitacionales. El director ejecutivo de LIGO, David Reitze, quien lo anunció a la prensa en febrero de 2016 (los cinco meses transcurridos desde la detección de la señal se emplearon en cerciorarse de que no era falsa, examinando todas las posibles causas de error), afirmó ya entonces en una entrevista que «no me sorprendería que nos concedieran el Nobel». Era, pues, cuestión de tiempo.

La revista *Science* lo consideró el descubrimiento científico más importante en el año 2016 y enseguida empezaron a llover los premios sobre los principales responsables de la construcción y puesta en marcha de LIGO. Nuestro país aportó su grano de arena, concediendo el premio Princesa de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2017 «de forma conjunta a los físicos Rainer Weiss, Kip S. Thorne, Barry C. Barish y a la Colaboración Científica LIGO, por la detección directa de las ondas gravitacionales, ondulaciones del espacio-tiempo anticipadas por Albert Einstein en su Teoría de la Relatividad». Para no ser menos, pero siguiendo a menor escala, el 27 de septiembre, el CNRS concedió su medalla de oro, «por sus importantes contribuciones en la detección de las ondas gravitacionales», a Alain Brillet, uno de los padres de VIRGO, especialista en láseres estabilizados, y a Thibault Damour, especialista en los agujeros negros y las ondas gravitacionales. Un perfecto acuerdo entre expertos de ambos experimentos, pues, sobre la importancia de la observación.

LIGO (y más tarde VIRGO) seguía funcionando y, si nuestras teorías son ciertas, tendría que continuar detectando nuevas ondas gravitacionales, puesto que el universo rebosa de ellas. Y así ha sido: el 26 de diciembre de 2015 se observó la segunda, que

corresponde a un evento similar al primero. Parecida distancia (1.400 millones de años luz), agujeros negros iniciales más pequeños (8 y 14 veces la masa del Sol), así como el agujero final (21 masas solares). La tercera se produjo el 4 de enero de 2017, con masas de 19 y 31 veces la del Sol para los agujeros negros iniciales y de 49 para el final, a una distancia mucho mayor que las previas, 3.000 millones de años-luz.

Para remachar la realidad de las ondas gravitacionales, y situarlas más allá de cualquier duda razonable, vino una cuarta: el pasado 14 de agosto, ambos detectores, LIGO y VIRGO, por primera vez, detectaron *conjuntamente* un nuevo sistema binario con masas (agujeros negros iniciales y final) de 25, 31 y 53 masas solares, a una distancia de 1.800 millones de años-luz. El empleo de tres puntos (los dos interferómetros de LIGO y el de VIRGO) permitió, por triangulación, un gran aumento de la precisión en la localización de la fuente en el espacio (veinte veces mejor que con LIGO solo). Ello permitirá completar dichas observaciones de la fuente con las llevadas a cabo por otros telescopios (ópticos, de rayos-X, gamma...) y aumentar nuestro conocimiento de la misma. Por ejemplo, a partir de ahora es probable que se entiendan mejor los hasta ahora inexplicados estallidos de rayos gamma (Gamma Ray Bursts) observados las últimas décadas, y que se cree se originan por fusión de estrellas de neutrones. Además de originar ondas gravitacionales, también emiten radiación electromagnética que podría observarse con los telescopios actuales en órbita (como FERMI, para rayos gamma, o el CHANDRA, para rayos X, ambos de la NASA) o los grandes observatorios terrestres (el telescopio VLT y la red ALMA del Observatorio Austral Europeo (ESO)). Seguramente, muy pronto, tendremos noticias interesantes.

Hasta hace poco toda la información sobre el Universo provenía de la detección de ondas electromagnéticas (compuestas por partículas llamadas fotones, que según su energía, dan lugar, de mayor a menor, a los rayos gamma, rayos-X, la luz visible...). En 1987 empezamos a observar neutrinos provenientes de explosiones de supernovas, mensajeros cósmicos que abrieron nuevas perspectivas a la astronomía. De la misma manera, las ondas gravitacionales muestran otros mundos que habían permanecido invisibles. Los descubrimientos nos aguardan a la vuelta de la esquina si somos capaces de leer correctamente lo que nos dicen los datos que van acumulándose. Poco a poco seremos capaces de observar una gama de energías cada vez más amplia de las ondas gravitacionales. Ya no es un sueño que lleguemos a tener información hasta sobre los primerísimos instantes del Universo. Una nueva rama científica ha nacido, que irá consolidándose en el futuro con los nuevos detectores en proyecto en distintos lugares del mundo: *la astronomía de ondas gravitacionales*.

## **Los protagonistas**

«It is not in the nature of things for any one man to make a sudden violent discovery; science goes step by step, and every man depends on the work of his predecessors. When you hear of a sudden unexpected discovery –a bolt from the blue, as it were– you can always be sure that it has grown up by the influence of one man on another, and it is this mutual influence which makes the enormous possibility of scientific advance. Scientists are not dependent on the ideas of a single man, but on the combined wisdom of thousands of men, all thinking of the same problem, and each doing his little bit to add to the great structure of knowledge which is gradually being erected» (Ernest Rutherford, citado en Bernard Cohen, *The Birth of New Physics*, Nueva York, Norton,

1959). [Los primeros comentarios](#) de los tres galardonados reafirman plenamente las ideas de Rutherford. Rainer Weiss (ochenta y cinco años) afirmó que es un reconocimiento al trabajo de mil personas durante cuarenta años. Kip S. Thorne (setenta y siete) abundó en lo mismo: «Debería dársele a toda la gente que construyó el detector». Barry C. Barish (ochenta y uno) cerró con: «Es un deporte de equipo, es muy subjetivo llegado el momento de destacar unos nombres sobre otros».

El sueño necesitó cincuenta años para convertirse en realidad. El éxito llegó, pero no como sospecharon sus iniciadores. Ni todos los que empezaron llegaron al premio final. El camino fue largo, complicado e imprevisible. Como en todas las grandes aventuras humanas, científicas o de lo que fuere. El pionero fue Joseph Weber, de la Universidad de Maryland, en los años sesenta, quien tuvo la idea de emplear barras resonantes (enormes cilindros) que recuerdan a un diapasón. Vibrarían en ciertas frecuencias si los atravesaba una onda gravitacional. En los setenta afirmó que había tenido éxito; como nadie pudo reproducir sus resultados, se consideraron falsos positivos. [Freeman J. Dyson](#) resumió magistralmente su historia en una frase: «Joseph Weber, una figura brillante y trágica cuyos experimentos resultaron estar equivocados». Había que buscar otra alternativa. Aquí aparece un trío en escena, pero no exactamente el de los tres galardonados, aunque sí estaban dos de ellos.

Rainer Weiss, en el MIT, y Ron Drever (entonces en la Universidad de Glasgow) sugirieron emplear interferómetros empleando láseres para controlar la distancia entre pares de espejos. El físico teórico Kip S. Thorne, discípulo del científico que popularizó la expresión «agujeros negros», John Archibald Wheeler, convenció a Drever para que se fuese a Caltech con el fin de construir un detector basado en dicha tecnología. Thorne es un gran divulgador, habiendo tenido una participación importante, como creador y productor ejecutivo, en la película *Interstellar*, en la que unos astronautas atraviesan un agujero de gusano encontrándose con un agujero negro gigante. También fue coautor del muy conocido libro de texto *Gravitation*, con su maestro John Archibald Wheeler y Charles Misner, que nos sirvió a muchos para aprender la Relatividad General.

El desafío tecnológico era formidable. Weiss recuerda que, cuando fue a explicar sus ideas a la agencia pública estadounidense que financia (excluida la parte médica) la ciencia básica, la National Science Foundation (NSF), «pensaron que estábamos locos». Consiguieron finalmente que les apoyasen, uniéndose los esfuerzos del MIT y de Caltech. La NSF invertiría más de mil millones de dólares durante cuarenta años para que LIGO fuese una realidad.

Weiss, Thorne y Drever fueron el trío de ases que conjuntamente desarrollaron el proyecto durante varios años. Sin embargo, a partir de 1987, la situación fue evolucionando para peor, hasta el punto que, entre 1989 y 1994, la NSF consideró seriamente retirar su apoyo financiero. La dirección tricefálica inicial (Weiss, Drever y Thorne) dio paso a un único director. Drever abandonó el proyecto en 1992. Finalmente, en 1994, Barry J. Barish, profesor en Caltech, con gran experiencia en proyectos de Física de Partículas (lo conocí en los años ochenta como gran especialista en la física de neutrinos; luego dirigió el diseño de un detector para el SSC, el acelerador de ochenta kilómetros que iba a instalarse en Texas y que el Congreso de Estados Unidos canceló en 1993), fue nombrado primero Investigador Principal y

después, en 1997, Director de LIGO, cargo que ocupó hasta 2005. Habitado a las dimensiones de los proyectos de Big Science, con cientos de investigadores y detectores enormes, reorganizó y reestructuró totalmente LIGO, transformando el pequeño grupo de varias decenas de personas en una colaboración internacional a gran escala, creando además la institución asociada, la LSC, clave para un análisis posible y eficaz de los datos. Su acción fue fundamental para la ejecución con éxito de toda la empresa, hasta el punto de que muchos –entre quienes se incluye la Academia sueca– piensen que, sin él, LIGO no hubiera tenido éxito. Posteriormente, de 2005 a 2013, Barish dirigiría el Global Design Effort para la construcción del International Linear Collider (ILC), el próximo gran acelerador de partículas (entre treinta y cincuenta kilómetros de largo).

### **Premio al mérito y... ¿a la longevidad?**

Como dije al comienzo, los premios llegaron inmediatamente después de la primera observación de ondas gravitacionales. El Nobel es el más conocido a nivel mundial, pero en cada disciplina científica hay muchos, y prestigiosos, que suelen ser buenos estimadores de futuros Nobel, a los que suelen preceder. Ello sin contar premios en disciplinas distintas a las galardonadas por la Fundación Nobel (casi todas, puesto que sólo hay cuatro premios Nobel de ciencias: Física, Química, Fisiología o Medicina y Ciencias Económicas). En el caso que nos ocupa, así ocurrió con Weiss, Drever y Thorne, quienes recibieron conjuntamente –entre otros– los siguientes premios en 2016, que reproducen, *mutatis mutandis*, los patrones definidos por Alfred Nobel para el suyo:

- 1) El premio Kavli de Astrofísica, creado en 2005 por la Fundación Kavli, la Academia de Ciencias y Letras noruega y el Ministerio de Educación e Investigación noruego. Se concede cada dos años con una dotación semejante a la del Nobel, en Oslo y con el rey de Noruega como maestro de ceremonias.
  
- 2) El premio Gruber de Cosmología, iniciado en 2000 por la Fundación Gruber (creada por los filántropos Peter y Patricia Gruber), con una dotación de quinientos mil dólares. Su sede está en la Universidad de Yale.
  
- 3) El premio Shaw en Astronomía, llamado «el Nobel del Este», creado por el filántropo y magnate de la industria de Hong-Kong, Sir Run Run Shaw, dotado con 1,2 millones de dólares.
  
- 4) El premio a un descubrimiento excepcional en Física Fundamental, otorgado por la Fundación Premio de Física Fundamental, creada en 2012 por el físico y magnate de Internet, Yuri Milner. Es el premio académico de mayor dotación en el mundo, con tres millones de dólares.

Lo primero que salta a la vista es una ausencia notable. ¿Por qué no aparece Barry Barish en estos premios precursores del Nobel? Y ¿por qué no le han dado el Nobel a

Ron Drever? ¿Qué ha pasado? La respuesta quizá sea muy sencilla. Por un lado, Ronald William Prest Drever, profesor emérito de Caltech, falleció el 7 de marzo de 2017. El premio Nobel no se concede a título póstumo. El reconocimiento del valor científico excepcional de lo hecho es esencial para obtenerlo, pero en ocasiones llega... un poco tarde. En lenguaje matemático, el mérito es una condición necesaria, pero no suficiente: la longevidad adecuada –lo que le faltó a Drever– también es importante. Por otro lado, la Academia quiso premiar a la persona, Barry J. Barish, que «relanzó» LIGO e hizo posible que la aventura no terminase en un fiasco por sus deficiencias organizativas. Una aventura cuyos resultados no han hecho más que empezar.