

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de los mitos de la creación conceden un momento trascendental al origen de la luz. A su aparición súbita, a su separación de las tinieblas, a su gestación en las entrañas del caos. Por su mediación, el mundo se vuelve inteligible, revela su apariencia, se convierte en objeto de experimentación y estudio. A su manera, los físicos han ratificado esta importancia, ya que han convertido la luz en una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza: la interacción electromagnética. De las tres fuerzas restantes, dos —llamadas «fuerte» y «débil»—, se agazapan en el interior del núcleo atómico y no podemos sentir su influjo directamente. Solo nos afectan algunos productos secundarios de su actividad, partículas o luz de muy alta energía que, de vez en cuando, escapan del corazón del átomo. Radiactividad, en suma. Ciertos rasgos de la cuarta interacción, gravitatoria, la aproximan más a la electromagnética que a la fuerte o la débil. Como aquella, se manifiesta en todo su esplendor fuera del ámbito nuclear y posee un alcance virtualmente infinito. Así, tenemos noticia de fenómenos muy remotos porque llegan a repercutir en nosotros electromagnética o gravitatoria-

mente. Ahora bien, ¿lo hacen de inmediato o su influencia, para alcanzarnos, ha de viajar antes a través del espacio?

Las ondas proporcionan un mecanismo para que una acción que acontece en un punto y en un momento determinados provoque un efecto en otros lugares en instantes posteriores. Igual que se dispersa en círculos el impacto causado por una piedra que atraviesa la superficie del agua, los fenómenos ondulatorios se propagan a partir de un foco, al tiempo que se atenúan con la distancia. A comienzos del siglo XIX, el británico Thomas Young llevó a cabo un sencillo experimento que puso de manifiesto el comportamiento ondulatorio de la luz. Cortó en dos un haz luminoso interponiendo en su camino el canto de una tarjeta. Comprobó que los haces resultantes interactuaban de modo muy semejante a como lo hacen dos oleajes circulares que se cruzan en la superficie del agua. La interpretación ondulatoria no cuenta toda la verdad sobre la luz, pero si uno no está interesado en detalles extremadamente sutiles de sus relaciones con la materia, constituye una excelente aproximación. Las ondas gravitatorias serían a la gravedad lo mismo que la luz al electromagnetismo. El movimiento de los cuerpos levantaría un oleaje extremadamente sutil, invisible, que se propagaría a través del espacio y afectaría a la materia o a la luz que hallara a su paso. De esta forma se transmitiría la gravedad.

La noción de onda gravitatoria cobró particular relevancia dentro del marco de la relatividad general de Einstein, que vino a modernizar la interpretación clásica, newtoniana, de la gravedad. La existencia o no de ondas gravitatorias fue una de las primeras incógnitas que Einstein trató de despejar nada más establecer los cimientos de su teoría. Empezó así una investigación que, con diversas intermitencias, se prolongaría durante décadas. La muerte le sorprendió sin que la hubiera conseguido resolver. Después de incontables horas de trabajo, de súbitas iluminaciones, certezas desmentidas y pasos en falso, acabó albergando serias dudas de que las ondas de gravedad se dieran efectivamente en la naturale-

za. Su única certidumbre al respecto fue que, de existir, serían tan tenues que resultarían virtualmente indetectables. La interacción gravitatoria es más de treinta órdenes de magnitud (un uno seguido de treinta ceros) más débil que la electromagnética. Casi en cualquier cocina encontramos una demostración cotidiana de esta brutal desigualdad. Cuando un pequeño imán se fija a la puerta de una nevera y no cae al suelo, está venciendo a la atracción gravitatoria de una masa —la de la Tierra— de seis cuatrillones de kilos.

En 2015 la relatividad general cumplió cien años. Se organizaron toda clase de fastos para conmemorar el día en el que Einstein dio a conocer las ecuaciones fundamentales de la teoría, el 25 de noviembre de 1915. Diez semanas antes del aniversario, un invitado imprevisto vino a sumarse a las celebraciones. Se trataba de una onda gravitatoria, que atravesó la Tierra el 14 de septiembre. Bien es cierto que el hecho en sí no revestía particular interés, ya que el sistema solar recibe de continuo visitas semejantes. Lo excepcional fue que hubiera un detector al acecho —el Observatorio de Ondas Gravitatorias mediante Interferometría Láser (LIGO)— que, por primera vez, dejara constancia de su paso. La onda afectó a toda la materia del planeta. Lo hizo dilatando y contrayendo sus dimensiones en longitudes mucho menores que el diámetro de un átomo.

Para consumir la hazaña que Einstein juzgó imposible, LIGO tuvo que concebirse como una apabullante exhibición de sofisticación tecnológica. En su estructura se cruzan dos conductos de cuatro kilómetros de longitud, cuyo interior se mantiene a una presión de una billonésima de atmósfera, lo que supone un vacío más riguroso que el que reina en el espacio. Son los dominios que recorre la luz del láser más estable de la Tierra, que rebota contra los espejos más lisos y reflectantes jamás construidos. El perfil de los espejos se aparta de la forma ideal dictada por los programas de diseño en un margen tan ínfimo que se mide en átomos. Solo absorben una partícula de luz —un fotón— de cada tres millones que inciden sobre ellos. De este modo prácticamente no se calientan y el láser no

menoscaba su tersura perfecta. En palabras de David Reitze, director ejecutivo del experimento, «LIGO es el aparato de medida más preciso que se haya fabricado nunca». Desde luego, méritos no le faltan para aspirar al título. Es capaz de advertir cambios de longitud más pequeños que el diámetro de un protón.

LIGO ha dotado a los científicos de un nuevo sentido con el que explorar el universo. Hasta ahora toda la información acerca del espacio exterior nos llegaba a través de un único canal de información, electromagnético. La detección de ondas gravitatorias estrena un segundo canal, exclusivo e independiente. LIGO es el primero de una larga serie de experimentos que durante las próximas décadas se dedicará a escrutar el cielo en busca de esta segunda luz, fruto de la gravedad, que nos traerá las imágenes inéditas de un cosmos desconocido.

La historia de la astronomía se puede dividir en tres grandes períodos si se atiende a la luz que los seres humanos han sido capaces de percibir en cada uno de ellos. El primero, el más extenso, corresponde al estudio del universo a ojo desnudo. Abarcaría desde el Paleolítico hasta la invención del telescopio óptico, a comienzos del siglo XVII. Los aumentos de las lentes destruyeron la idealización de los cuerpos celestes como esferas perfectas y proporcionaron detalles inesperados de la geografía del sistema solar, como la gran mancha roja de Júpiter y su corte de satélites o los anillos de Saturno. Los nuevos datos desmantelaron los antiguos modelos cosmológicos y arrumbaron el geocentrismo. Este segundo período tocó a su fin a lo largo del siglo XIX, con el sorprendente descubrimiento de que existe más luz de la que advierten los ojos. En el siglo XX se desarrolló la observación astronómica de ondas de radio, rayos X, luz infrarroja, rayos gamma, microondas o luz ultravioleta, cuya presencia se había ignorado hasta entonces. Una revolución en la que participaron de manera decisiva los telescopios espaciales, que también rasgaron el velo impuesto por la atmósfera. La imagen del universo ganó así una hondura y una resolución insospechadas.

La detección de ondas gravitatorias no inaugura un cuarto período, que vendría a sumarse a los anteriores. Supone el amanecer de una segunda era de la astronomía, que girará en torno a la información cifrada en una luz alternativa, que a menudo procede de lugares de los que no escapa ninguna onda electromagnética. Por primera vez seremos testigos de algunos de los acontecimientos más dramáticos del cosmos. Fusiones de agujeros negros, abruptas y vertiginosas aceleraciones de la expansión del universo o el propio Big Bang. Gran parte de este territorio inexplorado lo hemos recorrido con la imaginación, guiados por las ecuaciones de la mecánica cuántica o de la relatividad general. Ahora se podrá comprobar hasta qué punto es exacta la representación que hacen del mundo estas teorías. Muchas de las ondas gravitatorias que se van a captar durante los próximos años abrirán perspectivas inéditas de lugares de los que la luz ya nos ha ofrecido algún atisbo. Otras traerán mensajes de dominios recónditos, cuya mera existencia ignorábamos, y revelarán sorpresas que desafían nuestra capacidad de imaginar. Nadie conoce exactamente la magnitud de lo que nos aguarda. La única certeza es que acabamos de cruzar el umbral de una nueva era de los descubrimientos.