

Sobre las dudas en torno al hallazgo de ondas gravitatorias

Resumen

En este escrito se dan una serie de consideraciones sobre los problemas relacionados con la interpretación de los datos observacionales en teorías de estructura compleja, aprovechando la reciente polémica a propósito del descubrimiento de las ondas gravitatorias en los observatorios LIGO

Motivación e intenciones

La primera noticia que tuve sobre las dudas que sobrevinieron después del descubrimiento de evidencia directa de la existencia de las ondas gravitatorias por parte de los observatorios LIGO fue a través del blog del cosmólogo Peter Coles (Coles 2018). En esa entrada nos remite a un artículo publicado por la revista New Scientist en el que se habla de varios artículos de unos físicos daneses que dudaban de este descubrimiento por no poder reproducir el análisis de los datos observados.

No se trata aquí por supuesto de entrar en los entresijos de esa polémica, dado que los datos de LIGO en efecto son datos publicados a los que cualquier investigador puede tener acceso y la

confirmación de este descubrimiento ya es un hecho ¹. Lo que me motivó a escoger este tema fue la objeción que refleja Coles en su artículo sobre la necesidad de compartir también los códigos numéricos usados en la interpretación de los datos y su relación con la complejidad de las teorías científicas.

Pretendo en este escrito situar el marco de este descubrimiento en el cuadro adecuado dentro de los conocimientos que estoy adquiriendo de esta asignatura, para posteriormente intentar aclarar y aclararme los procesos de inducción que pueden estar detrás de descubrimientos de esta índole. Por tanto, haré primero una breve disposición del problema en el contexto de la filosofía de la ciencia y luego intentaré abordar el análisis de la naturaleza de este descubrimiento en cuanto a la interpretación de datos en los procesos inductivos.

Marco filosófico

Relatividad general como conjunto de *modelos*

El marco teórico científico del concepto de ondas gravitatorias es la teoría de la relatividad general de Einstein², publicada en el año 1915. Se trata de una teoría sobre la gravedad que relaciona la geometría del espacio-tiempo con la materia ubicada en él. La formulación matemática consiste en una serie de ecuaciones integro-diferenciales cuyas soluciones estarán definidas por las condiciones de contorno que supongamos, cada solución de las ecuaciones de Einstein responde a

¹Tanto los dos LIGO en USA como más adelante en colaboración con el italiano VIRGO han hecho varias detecciones directas más desde el descubrimiento en 2015, tanto de colisiones de agujeros negros como de estrellas de neutrones y este año se prevé que entrará en funcionamiento un cuarto detector japonés

²Una introducción a esta teoría a nivel divulgativo puede verse en (Geroch 1985). Para profundizar a nivel más técnico se puede consultar (D’Inverno 1992), o para una aproximación filosófica a las teorías del espacio-tiempo (Friedman 1991)

una suposición sobre la estructura másica del espacio-tiempo, y las mismas ecuaciones nos proporcionan la libertad de incluir términos que respondan a ideas preconcebidas del universo. Es sabido que el mismo Einstein introdujo en sus ecuaciones una constante ad hoc que debía dar cuenta de su idea de universo estático, la famosa constante cosmológica, Λ , que fue retirada más tarde.

Por esta razón, en cuanto al marco filosófico de la teoría, hay que tener en cuenta que cuando se habla de la relatividad general nos encontramos más con un conjunto de modelos sobre la estructura del universo y habrá que especificar en un nivel más técnico cuáles son los supuestos de los que se parte. De hecho, los datos observacionales sobre el espacio-tiempo de los que disponen actualmente los físicos, especialmente desde el descubrimiento de la expansión acelerada del universo en 1998, no corresponden con los efectos gravitatorios que pueden derivarse de las ecuaciones de Einstein a menos que se añada, de nuevo, como se ha hecho, la constante cosmológica descartada por Einstein, que daría cuenta de la repulsión gravitatoria observada (un escándalo de la Física moderna que se conoce como el problema de la constante cosmológica, energía oscura o energía del vacío).

Todos estos modelos se ajustan por supuesto a los principios de la teoría, de equivalencia y covarianza, y a los límites impuestos por ella, tanto a velocidades y campos gravitatorios bajos, en donde debe reproducir la teoría newtoniana como límite, como para universos carentes de gravitación, en donde se recupera la relatividad especial del espacio plano.

Entidades teórico/observacionales y base empírica

La existencia de las ondas gravitatorias fue predicha por Einstein en 1937³, tras una ardua labor de deducción, ya que de nuevo hay que hacer algunas suposiciones iniciales para simplificar la teoría y lograr una ecuación de ondas análoga a la del electromagnetismo. Aparte de esto, desde un principio se sabía que su detección no iba a ser tarea fácil, la fuerza gravitatoria es la más débil de las fuerzas de la naturaleza y las supuestas vibraciones que experimentarían las partículas materiales afectadas por una onda de esta naturaleza son minúsculas. Hay además que distinguir muchos de los efectos fenomenológicos que pueden provenir de otras teorías que se solapan, como las provenientes de la física de materiales, la actividad sísmica, el polvo cósmico, etc, para poder diferenciar adecuadamente cuáles de los datos observacionales constituyen de verdad la base empírica o ámbito de contrastación de estas ondas.

Con esto es bastante evidente que la observación de las ondas gravitatorias dista mucho de ser independiente de su marco teórico, y más bien se pone de manifiesto la llamada *carga teórica de los hechos* (Hanson 1958) con total claridad. La interpretación de los datos obtenidos en los experimentos de detección de ondas no es baladí, y no solo entran en juego los principios de la relatividad y los supuestos auxiliares que dan lugar a las ondas gravitatorias, sino muchos otros conocimientos y teorías que se suponen válidas y darán lugar a los programas informáticos de interpretación de los datos. Los datos, por tanto, están cargados de teoría, pero no solamente de la teoría de la que constituyen su base empírica (Hempel 1973).

³Un breve relato de la historia del descubrimiento de las ondas gravitatorias puede leerse en (Cervantes-Cota, Galindo-Uribarri, y Smoot 2016). El propio Einstein en un principio estaba convencido de que no podían existir hasta que un colega le hizo ver que estaba equivocado, no con poco esfuerzo.

Encaje diacrónico del descubrimiento

Desde el punto de vista del progreso científico, cabe afirmar que el descubrimiento de las ondas gravitatorias sería del tipo de progreso diacrónico sin progreso nomológico, dado que la base teórica de la teoría de la relatividad se concluyó en los años veinte del pasado siglo, y la predicción concreta de la existencia de estas ondas en los treinta. El marco teórico estaba impuesto, y los únicos progresos a tener en cuenta tienen que ver más con los aplicativos que rodean a este descubrimiento, la creación de observatorios específicos, las mejoras en la tecnología láser, los desarrollos de software que requiere, etc.

Consideraciones sobre la interpretación de los datos

Pretendo aquí dar dos breves apuntes sobre el problema de la interpretación de los datos observados en el contexto de la confirmación de la existencia de ondas gravitatorias dentro del marco filosófico en el que se encuentra este caso. Se trata por supuesto de analizar cómo puede afectar a este descubrimiento el problema de la inducción, o más concretamente, si la teoría está infradeterminada por la experiencia obtenida. Es este a mi juicio un caso muy relacionado con la complejidad estructural de las teorías científicas y con la idiosincrasia particular de la interpretación de los datos observacionales en casos tan sensibles como este.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que la hipótesis de la que se parte es en realidad una de las leyes obtenidas de una teoría superior o, más aún, de un modelo en concreto de esa teoría (recordemos que la existencia de ondas gravitatorias se obtiene a partir de un proceso de inferencia demostrativa con suposiciones adicionales que permiten eliminar términos enteros de las ecuacio-

nes de Einstein). En este sentido, si admitiéramos la tesis de Popper según la cual las hipótesis son más fuertes cuanto menores sean sus probabilidades de confirmación (Popper 1958), la hipótesis de la existencia de ondas gravitatorias sería muy débil, dado que se han obtenido vía deducción de una teoría confirmada y la probabilidad de su observación se suponía muy alta. De hecho, los problemas asociados a la evidencia científica se ligaban más a la precisión de los aparatos de medida que a dudas sobre su existencia⁴. Hay que tener en cuenta que lo que este experimento ha probado es la evidencia directa de la existencia de estas ondas, puesto que la evidencia indirecta ya fue probada en 1993 con la medición de las radiaciones de los púlsares binarios, hecho que valió a sus descubridores un premio Nobel.

Por otra parte, en cuanto a los datos observacionales, siguiendo a Lakatos en que "los datos científicos no son neutrales"(Lakatos 1970), ya se han comentado las dificultades que supone su interpretación, que requiere la filtración de los datos provenientes del fenómeno estudiado con la de otros fenómenos que pueden afectar también a la medición, confluyendo por tanto en el proceso no solo la teoría a estudiar sino la validez de otras tantas teorías que intersecan esta. Esto ha dado lugar a algún anuncio prematuro sobre la detección directa de estas ondas, como el que se produjo en 2014 en el experimento BICEP2, que fue rápidamente corregido por la comunidad científica, al confundir datos del universo primordial con polvo cósmico de nuestra propia galaxia.

Pero es que además encuentro pertinente hablar de que los datos no son directamente recibidos por nuestros sentidos ni siquiera por un aparato de medición: los datos deben ser tratados. Los

⁴El efecto que la polarización de estas ondas puede producir en un detector con una línea de base de 10 km sería teóricamente cambios en la longitud del orden de la centésima del tamaño de un protón. Lo que se mide realmente son las diferencias de tiempos en interferómetros de Michelson-Morley

datos han de pasar por programas informáticos de filtración, que al fin y al cabo están escritos en un lenguaje, sea C, Fortran o el que sea, que se ajustará a un algoritmo de interpretación diseñado con los supuestos necesarios para eliminar los diferentes ruidos que pueden contribuir a ensuciar la señal. Aquí me parece muy propio recordar la frase de Popper "todo lenguaje está impregnado de teoría"(Popper 1972), dado que en estos programas, que son los que al fin y al cabo Coles exige que se compartan también, se encuentran muchos de los supuestos que forman parte del proceso inductivo.

Resumiendo, las dos consideraciones apuntadas, la dificultad observacional y la aceptación deductiva de la hipótesis, se aceptan claramente a favor de esta última. Ni la detección directa de estas ondas fue puesta en duda cuando los experimentos no dieron ningún resultado positivo, como va a ponerse en duda su detección efectiva aunque la evidencia empírica sea todavía escasa. Una mínima evidencia empírica se acepta como confirmación al ser la hipótesis en realidad una ley derivada de una teoría que ha sido ampliamente demostrada en la experiencia. Esta conclusión esta de acuerdo con la idea de Carnap de que el grado de confirmación de una hipótesis se puede identificar con la fiabilidad o cociente de apuesta racional a la luz de la evidencia disponible (Carnap 1952), que no sería otra en este caso que el conjunto de todas las pruebas con resultado exitoso a las que ha sido sometida hasta hoy la teoría de la relatividad general.

Referencias

Carnap, R. 1952. *The Continuum of Inductive Methods*. Chicago: U. Chicago P.

Cervantes-Cota, Jorge L., Salvador Galindo-Uribarri, y George F. Smoot. 2016. "A Brief History

of GravitationalWaves.” *Universe*, vol. 2, 22.

Coles, Peter. 2018. “Grave Wave Doubts?” <https://telescoper.wordpress.com/2018/11/01/grave-wave-doubts/>.

D’Inverno, Ray. 1992. *Introducing Einstein’s Relativity*. Oxford, New York: Oxford University Press.

Friedman, Michael. 1991. *Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo*. Madrid: Alianza Universidad.

Geroch, Robert. 1985. *La relatividad general (de la A a la B)*. Madrid: Alianza Universidad.

Hanson, N. R. 1958. *Patterns of Discovery*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hempel, C. G. 1973. “The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of the Standard Empiricist Construal.” In *Logic, Methodology and Philosophy of Science, 4*, edited by Suppes, Henkin, Joja, y Moisel, 367–378. Amsterdam: North Holland.

Lakatos, I. 1970. “Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes.” In *Criticism and the Growth of Knowledge*, edited by I. Lakatos y A. Musgrave, 91–196. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Popper, K. R. 1958. *The Logic of Scientific Discovery*. Londres: Hutchinson.

———. 1972. *Objective Knowledge*. Oxford: Clarendon Press.