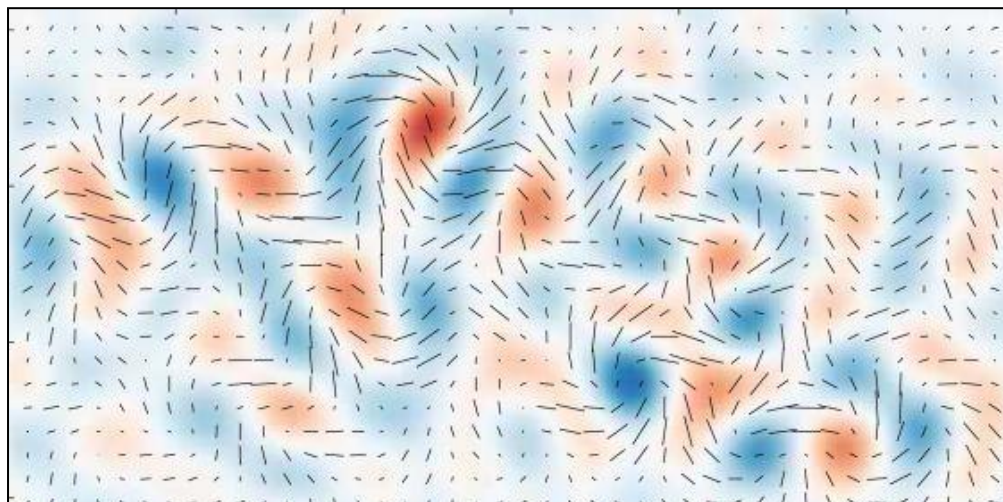


## Una nueva ventana al universo

**La detección de ondas gravitacionales confirma las predicciones de la teoría inflacionaria del Big Bang y abre las puertas al estudio de la naturaleza a escalas de energía inalcanzables en el más potente acelerador de partículas actual**

Juan García-Bellido Madrid 18 MAR 2014



**Las ondas gravitacionales generan un leve pero claro patrón de giro en la polarización de la radiación de fondo que ha captado el telescopio BICEP2. / BICEP2 COLLABORATION**

El 17 de marzo de 2014 pasará a ser una de las fechas clave en cosmología por la detección de las ondas gravitacionales generadas instantes después del origen del universo y que supone la confirmación definitiva de la teoría de la inflación cosmológica. Simplemente saber que tenemos una huella de algo que ocurrió en el universo en una trillonésima de trillonésima

de segundo después de su origen ya es sobrecogedor, pero lo importante es que estas ondas nos permiten corroborar aspectos esenciales sobre nuestras ideas de cómo se originó el universo.

El fondo de radiación de microondas, detectado hace 50 años, ha resultado ser una fuente extraordinaria de información, no solo sobre el momento en que este fondo se generó, cuando se formaron los primeros átomos y la radiación se desacopló de la materia, sino también sobre el universo primordial de ínfimas fracciones de segundo después de su origen. Las medidas que acaban de anunciar los científicos del telescopio BICEP2 en el polo Sur nos abren una nueva ventana a la comprensión de los primeros instantes de nuestro universo.

La teoría inflacionaria surgió por la necesidad de resolver los problemas de planitud y homogeneidad de la teoría del Big Bang y predice un periodo de expansión acelerada del universo, fracciones infinitesimales de segundo después de su origen cuántico, y es responsable de todo lo que vemos a gran escala, de toda la materia y la radiación, así como de su distribución en el espacio. Dicho proceso inflacionario genera fluctuaciones cuánticas que son estiradas por la expansión del universo y determinan las perturbaciones del espacio-tiempo que observamos en el fondo de radiación. Estas perturbaciones son de dos tipos: ondas de densidad y ondas gravitacionales. Las primeras fueron observadas inicialmente por el satélite *COBE*, en 1992, y más tarde por los *WMAP* y *Planck* y sus propiedades estaban perfectamente de acuerdo con las predicciones de inflación. Las segundas no habían sido observadas hasta ahora y constituían una de las predicciones más buscadas de la teoría.

Mientras que las fluctuaciones de densidad dan lugar a variaciones en la temperatura del fondo de radiación entre puntos distantes del cielo y acaban dando origen a las galaxias, las ondas gravitacionales predichas por inflación generan un patrón característico en la orientación de la polarización del fondo de radiación. La polarización lineal de la luz se observa fácilmente con unas gafas polarizadas en un día radiante frente al mar, ya que reduce la cantidad de luz que nos llega a los ojos. El fondo de radiación está débilmente polarizado, por lo

que la señal que se buscaba era muy pequeña, lo que explica por qué se ha tardado tanto en descubrirla. Y además, tiene dos componentes, uno polar (de tipo E) y otro rotacional (de tipo B), que es el que nos ha permitido detectar las ondas gravitacionales.

Según la teoría de inflación el fondo cósmico de microondas debe seguir un patrón característico. En particular, la razón entre las fluctuaciones en la polarización de tipo B (la asociada a las ondas gravitacionales) y las de densidad (asociadas a la temperatura) nos dan información de las escalas de energías a las cuales ocurrió el proceso inflacionario en el universo primitivo. Según el BICEP2, el valor recientemente medido nos sugiere que la inflación ocurrió a escalas billones de veces más energéticas que las colisiones en el acelerador LHC del CERN, donde se descubrió la partícula de Higgs. Sería la primera evidencia de una nueva escala de energía entre la escala del modelo estándar de partículas y la llamada escala de Planck de la gravedad cuántica.

La detección del modo B de polarización supone la confirmación definitiva de la teoría de inflación, propuesta por Alan Guth, Andrei Linde y Alexei Starobinsky hace algo más de 30 años. El fondo de ondas gravitacionales predicho y finalmente detectado por BICEP2, afianza la teoría inflacionaria como escenario del origen cuántico del universo, y abre las puertas al conocimiento de la dinámica responsable de esa expansión acelerada que es la inflación. Dicha teoría predice también una conversión violenta de energía en materia y radiación al final de la inflación, dando lugar a lo que comúnmente se denomina el Big Bang, o la gran explosión. Desde entonces, el universo se fue enfriando hasta llegar a su estado actual, 13.800 millones de años después.

Este descubrimiento será seguido pronto por detecciones de otros experimentos, confirmando y afianzando el resultado con mejores determinaciones de las propiedades a gran escala de las ondas gravitacionales. Pronto tendremos confirmación gracias a las observaciones del satélite europeo *Planck*, que posee un gran número de detectores a bordo, lo que permitirá sustraer fuentes astrofísicas espurias que podrían contaminar la señal cosmológica.

En un futuro próximo se espera que satélites de tercera generación, como *COrE* y *PRISM*, se lancen al espacio para explorar en detalle estas elusivas ondas gravitacionales que dejaron su huella en el fondo de radiación, lo que permitirá la exploración de una nueva escala de energía, muy por encima de la que es actualmente accesible con los grandes aceleradores. Estos resultados nos acercarán a una comprensión más profunda de las interacciones fundamentales próximas a la escala de Planck, donde estarán regidas por la gravedad cuántica, cuyos fenómenos están muy alejados de nuestra experiencia diaria.

Con este descubrimiento la cosmología entra en una nueva era, en la que observaciones y teoría tendrán que ir de la mano y podrán avanzar a grandes pasos. Vivimos un momento fascinante.

**Juan García-Bellido** es catedrático de Física de la Universidad Autónoma de Madrid