

Calcular la edad del Universo

El fondo cósmico de microondas es una reliquia fósil de la gran explosión que nos permite ver el Universo primitivo, tal y como era tan sólo 380.000 años después del Big Bang.

**Dr. Josep Ma^a
Trigo i
Rodríguez**
Prof. Asoc. Depto.
Ciencias
Experimentales de la
Univ. Jaume I.

Asistir en directo a los orígenes del cosmos. Nuevos análisis de alta resolución de la Radiación Cósmica de Fondo ha permitido reconstruir un mapa de alta resolución del firmamento que tiene importantes implicaciones en Cosmología, entre ellas la posibilidad de datar el origen de todo cuanto conocemos. Los datos se dieron a conocer el pasado mes de febrero y provienen de la sonda WMAP diseñada por el Goddard Space Flight Center de la NASA y la Universidad de Princeton. Este instrumento se encuentra orbitando en el punto de Lagrange, una región donde la fuerza gravitatoria de la Tierra y el Sol se encuentran equilibradas, permitiendo a la sonda permanecer a un millón y medio de kilómetros de la Tierra.

Hace unos catorce mil millones de años el contenido del Universo estaba enormemente comprimido, hasta el punto que no podía existir la materia tal y como la conocemos. No existían estrellas, ni planetas ni las inmensas agrupaciones que hoy en día forman: las galaxias. En ese primitivo Universo donde se estima que la temperatura alcanzaba al menos un trillón de grados centígrados había partículas de materia, antimateria y fotones (partículas de luz). Las enormes temperaturas hacían que la materia y la antimateria se fusionara para crear luz y que posteriormente de la luz se volviera a crear materia y antimateria. Sin embargo ese estadio duraría poco pues desde la Gran Explosión el Universo se fue expandiendo con el espacio lo que dio lugar a un progresivo enfriamiento de su contenido. Tras unos pocos segundos la temperatura había descendido a unos diez mil millones de grados centígrados con lo que la luz no disponía de energía suficiente para transformarse en materia y antimateria. En aquel entonces las partí-

culas de materia y antimateria fueron aniquilándose entre sí aunque por razones que nos resultan desconocidas sobrevivieron mayor número de partículas. De este modo tras los primeros tres minutos de expansión la materia resultante en forma de protones, neutrones y electrones se enfrió lo suficiente para que dieran origen a los núcleos de los elementos más ligeros en la llamada Nucleosíntesis primordial. En ella se generaron mayoritariamente núcleos de hidrógeno y helio junto a pequeñas trazas de litio. Debieron de pasar trescientos mil años para que disminuyera la temperatura lo suficiente para que los electrones se unieran a los núcleos atómicos para formar los átomos más ligeros cuando la temperatura había descendido a unos tres mil grados centígrados. En esa etapa, conocida como recombinación, se habían producido básicamente hidrógeno y helio junto a pequeñas cantidades de litio y posiblemente berilio. La fuerza gravitatoria haría progresivamente que la materia recién formada se agregase formando estrellas y planetas gaseosos en inmensas nubes estelares progenitoras de las galaxias. Por aquel entonces no existían planetas como la Tierra ni mucho menos seres vivos pues la materia que los forma debería sintetizarse en los hornos estelares. Millones de años después, tras una primera fase de nucleosíntesis estelar ocurrida en estrellas gigantes, la mayoría de ellas fue agonizando destruyéndose como supernovas y esparciendo su rico contenido en elementos químicos por el Universo. Gracias a este enriquecimiento en elementos químicos pesados hoy en día, trece mil setecientos millones de años después de la Gran Explosión pueden existir planetas como la Tierra, recorridos en su superficie por seres como nosotros, quizás tan presuntuosos como insignificantes. Pensemos al menos que posiblemente no somos intrascendentes para el Universo en su con-



junto dado que formamos parte del último eslabón de la cadena de la evolución química del Universo. Un eslabón fascinante, deudor de toda la historia de procesos químicos precedentes ocurridos en el interior de estrellas y de sus galaxias.

En cierto sentido la astrofísica nos permite soñar con la inmortalidad. Cuanto más lejos se encuentran los objetos del Universo que observamos más antiguos son debido a que su luz tarda más tiempo en llegar hasta nosotros. Con el Telescopio Hubble se han alcanzado a ver galaxias tal como eran hace más

de diez mil millones de años, es decir, situadas a una distancia superior a diez mil millones de años-luz. Y aunque nunca podemos llegar a ver el futuro, pese a lo que nos cuenten algunos «iluminados», sí que podemos ser partícipes del pasado de nuestro Universo. Es sencillamente fascinante, una razón por la cual los lectores deben acceder a Internet para descubrir la belleza, grandiosidad y eternidad de las imágenes profundas del Universo, bien sean captadas por el Telescopio Espacial Hubble u otros grandes telescopios en Tierra. Las galaxias alejadas y, por tanto, diminutas muestran características propias de sistemas estelares

FIGURA 1. EQUIPOS DE ASTROFÍSICOS EUROPEOS obtuvieron esta imagen de campo profundo desde el telescopio MPG/ESO del European Southern Observatory en La Silla (Chile). El campo abarca más de cien mil galaxias, varios miles de estrellas y unos cuantos cientos de cúasares.

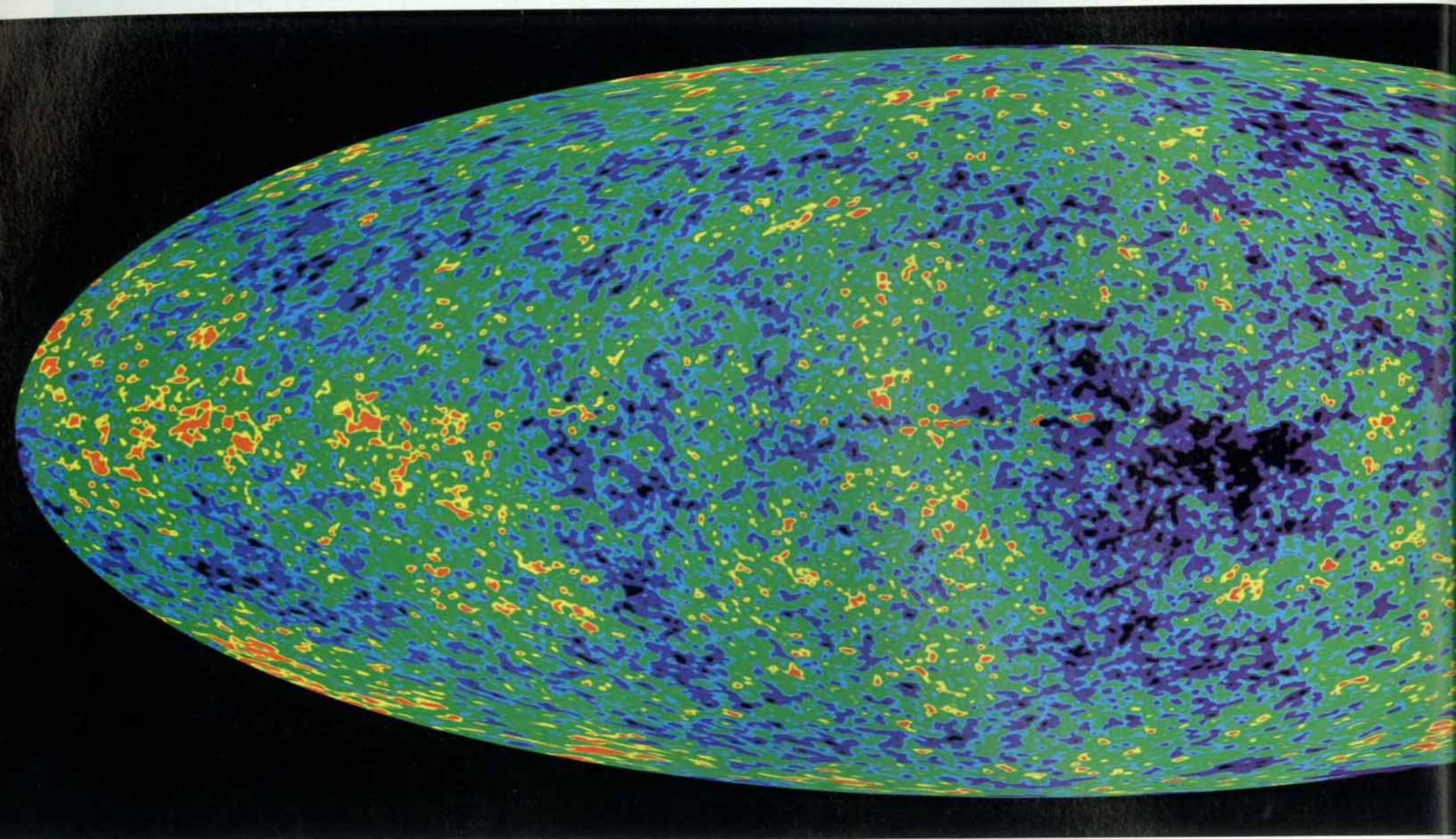


FIGURA 2. IMAGEN DE ALTA RESOLUCIÓN DE TODO EL UNIVERSO OBSERVABLE OBTENIDA POR WMAP (NASA).

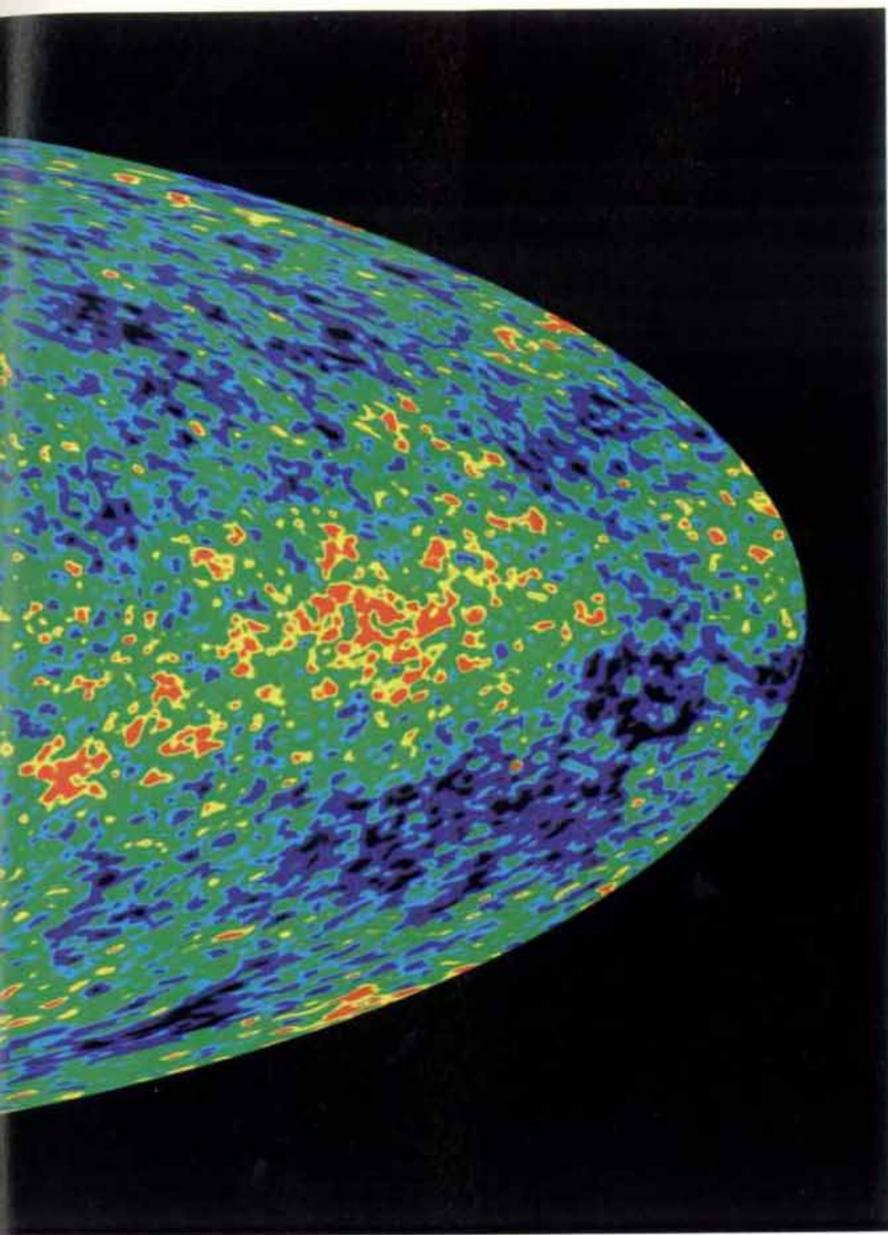
Recoge en falso color las pequeñas diferencias de temperatura existentes en la luz de microondas emitida sólo trescientos ochenta mil años después de la Gran Explosión (WMAP/NASA).

acabados de nacer, en un Universo bastante diferente al actual en donde las colisiones entre ellas eran frecuentes. Imponentes agujeros negros dominaban ya los núcleos galácticos dando lugar a fuentes de luz intensísimas que hemos denominado cuásares. Sin embargo, existe una luz todavía más antigua que nos alcanza desde profundidades todavía mayores. Esa reliquia nos llega desde mucho, mucho más lejos, en un tiempo cuando ni siquiera las galaxias se habían formado. Esa luz remanente se denomina Radiación Cósmica de Fondo y su descubrimiento a cargo de A. Penzias y R. Wilson en 1964 fue uno de los argumentos caudales a favor de la teoría de la Gran Explosión. Ambos investigadores usando una antena de los Laboratorios Bell descubrieron una emisión de microondas que incidía sobre la Tierra desde todas direcciones del Espacio. En un principio pensaron que era «ruido» intrínseco al instrumento y trataron de eliminarlo pero posteriormente cayeron en la cuenta que debía ser la evidencia de una primitiva Gran Explosión caliente predicha por el físico George Gamow. Casi sin quererlo esa radiación de fondo se convertiría en uno de los más importantes descubrimientos de la física moderna. La razón es que tal fondo prácticamente homogéneo de radiación no puede ser atribuido a ninguna otra fuente que no sea un primitivo Universo denso, uniforme y extraordinariamente caliente. Es, por

tanto, una prueba inequívoca de la Gran Explosión. Sin embargo, no es la única prueba puesto que existen algunas otras evidencias muy importantes. Por ejemplo, también en los años sesenta Fred Hoyle y Peebles probaron que en una gran explosión tan caliente tendría que haberse producido durante la Nucleosíntesis Primordial una gran cantidad de helio. La teoría predecía que al menos un cuarto de la masa del Universo estuviese en forma de átomos de helio, como ha sido confirmado en estas últimas décadas al analizar las abundancias químicas de las estrellas y nebulosas de la Vía Láctea y otras galaxias.

¿Cómo y dónde se produjo la radiación de fondo?

Hemos descrito previamente que el Universo primitivo estaba a una temperatura de millones de grados centígrados. La materia se encontraba en aquel entonces formando una sopa extraordinariamente caliente de partículas subatómicas. La expansión hizo que ese plasma fuera perdiendo temperatura. Cuando se redujo hasta varios cientos de millones de grados, los neutrones se combinaron con los protones para formar núcleos atómicos ligeros mientras que los positrones aniquilaron a la mayoría de electrones libres para generar más fotones. Estos inundaban el plasma pero estaban «retenidos» inicialmente por la materia ionizada pues a esas enormes temperaturas los foto-



nes interaccionan continuamente con la materia cargada. En esa fase se suele decir que existe un «acople» entre la materia y la radiación. Como resultado, ese primitivo Universo permanece invisible para nosotros puesto que no emitía luz.

Afortunadamente, el Universo continuaría su expansión y ese acople entre materia y radiación acabaría unos 380.000 años después del Big Bang, cuando la temperatura había descendido como hemos mencionado hasta unos tres mil grados centígrados. En aquel entonces el Universo se había enfriado suficientemente para que las partículas cargadas se transformasen en átomos neutros de hidrógeno y helio. De ese modo los fotones quedaron de repente libres y comenzaron a vagar en todas direcciones. Esos fotones constituyen precisamente la llamada radiación primordial que, después de haber atravesado libremente el Universo, ha llegado hasta nuestros días. Esa radiación ahora sabemos que ha recorrido trece mil setecientos millones de años-luz para proporcionarnos datos fundamentales sobre el nacimiento, estructura y evolución del Universo. Los estudios obtenidos en 1992 por el satélite COBE (COsmic Background Explorer) mostraron que a esas enormes distancias el Universo era notablemente homogéneo e isotrópico. Anteriormente a su puesta en órbita se tenían ciertas pruebas pues la distribución regular de galaxias y cuántos

sares hacía predecible tal homogeneidad. Pero sus resultados corroboraron esa idea puesto que la radiación de fondo registrada era isotrópica en más de uno por mil. Dada esa uniformidad en la radiación de fondo es de esperar que la materia normal que se encontraba en equilibrio con la radiación, estuviese también distribuida de manera uniforme. Es decir, la materia y la radiación estaban distribuidas de manera homogénea en ese mar caliente que era el Universo primitivo. Cualquier variación por mínima que fuese hubiese sido equilibrada casi al instante. Sin embargo, cuando la radiación se desacopló de la materia, es decir, cuando la temperatura bajó hasta unos 3000° C esas pequeñas variaciones se pudieron convertir en agrupaciones mayores. De esas inhomogeneidades se formarían mucho más tarde las galaxias y otras agrupaciones de materia todavía mayores, los cúmulos galácticos, que son las características dominantes en el Universo que podemos observar en la actualidad.

A pesar de los buenos resultados obtenidos por el satélite COBE, las variaciones de temperatura registradas eran tan pequeñas y la resolución espacial tan baja que diversos equipos en todo el mundo han desarrollado en la última década nuevos experimentos con instrumentos capaces de hilar todavía más fino. Hace dos años el experimento Boomerang supuso una mejora sustancial de nuestro conocimiento. Sin embargo ahora los datos facilitados por el satélite WMAP han permitido obtener una imagen precisa de esta radiación primigenia. A partir de ella se nos revela que la materia «normal», aquella que forma estrellas y planetas, apenas representa un 4% de la masa del Universo. Otro 23 % de la materia está en forma fría y oscura. Se conoce poco sobre ella pues no interacciona con la luz si bien su presencia se hace evidente dada la gravedad que ejerce sobre las galaxias. Pero lo realmente sorprendente es que el Universo debe poseer un 73% de lo que se ha denominado energía oscura. Según Charles Bennet, la verdadera naturaleza de esa energía está por descifrarse. De hecho los cosmólogos barajan todavía varias hipótesis que permitan explicar su origen y naturaleza. Una de las hipótesis es que en realidad esa energía pueda ser explicada mediante la constante cosmológica, un factor de ajuste del modelo de Universo propuesto por Albert Einstein que impedía el colapso del Universo. El mismo Einstein se lamentó de haber introducido ese factor, tildándolo del mayor error de su carrera. Pero otra posibilidad es que realmente exista un algo desconocido que se encuentra uniformemente repartido por el Universo y que tiende a forzar la expansión del Universo. Y si lo que más debe abundar nos resulta parcialmente desconocido cabe sacar la conclusión de que en Cosmología nos queda todavía mucho por aprender.

J. M^e. T. ■