

Radiaciones cósmicas, científicos y premios Nobel

Fernando J. Ballesteros Roselló

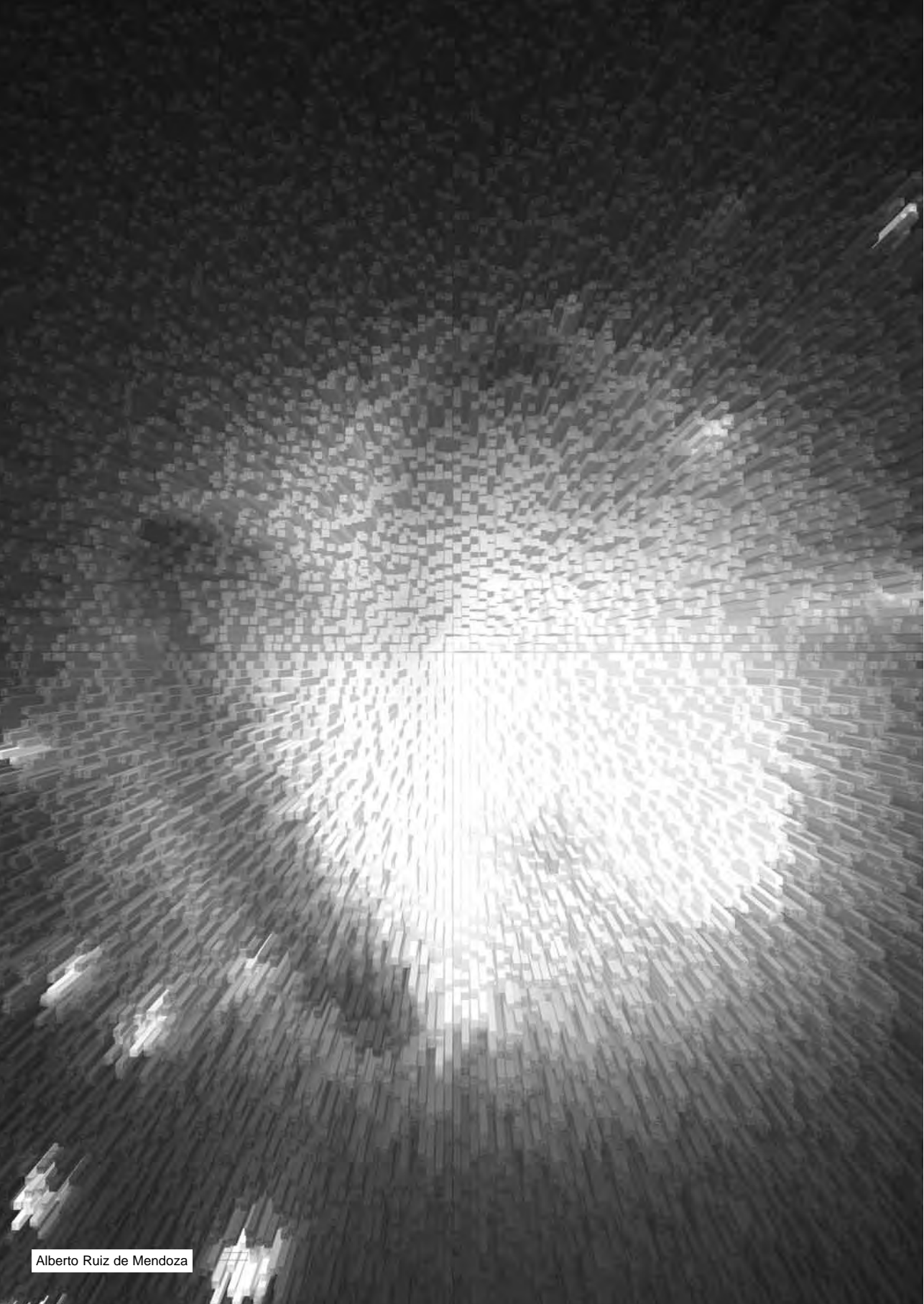


Biografía. *Doctor en Física, miembro del Observatori Astronòmic de la Universitat de València. Trabajó en el diseño y desarrollo de los telescopios espaciales INTEGRAL (ESA) y LEGRI (Minisat 01 – INTA), y posteriormente en el Centro de Astrobiología (NASA). Colabora en el desarrollo del centro astronómico de Javalambre ACTUEL. Premio Europeo de Divulgación Científica Estudi General en 2006 por su libro “Gramáticas Extraterrestres”. Coautor del programa de RNE “Los Sonidos de la Ciencia”, emitido durante los años 2005 a 2008. Coautor de los libros “Astrobiología, un puente entre el Big Bang y la Vida” (Akal, 2009) y “NEXUS” (Pearson Alhambra, 2008).*

Resumen. Donde está usted ahora hay unos 400 millones de fotones por metro cúbico. Y se preguntará, ¿de dónde viene esa enorme cantidad de partículas? y, ¿qué significa que estén ahí? La respuesta hay que buscarla, nada más y nada menos, que en el origen de nuestro universo. Este ensayo hace el recorrido histórico sobre los protagonistas de la teoría del Big Bang y sus principales descubrimientos. El Big Bang es el modelo científico actualmente en vigor que explica la aparición, evolución y forma del universo. Es ya bastante antiguo, pero a pesar de ello todos los descubrimientos que vamos realizando sobre el universo lo corroboran cada vez más. No en vano, si sintoniza su aparato de televisión en una frecuencia en la que no hay ninguna emisora, observará la típica nieve compuesta por un conjunto innumerable de puntos blancos que aparecen al azar en la pantalla. Una parte de esos puntos blancos (alrededor del 1%) son causados por la radiación de fondo de microondas, es decir, por nuestros 400 millones de fotones por metro cúbico, que tuvieron su origen en el Big Bang. En realidad, está usted viendo en directo los restos de la gran bola de fuego que llenó todo el universo durante su nacimiento.

Summary. Where you are now there are around 400 million photons per cubic meter. And you may ask, where do so many particles come from? And, what does their being there mean? The answer lies, no less, in the origin of our universe. This essay is a historical review of the protagonists of the Big Bang theory and their main discoveries. The Big Bang is the scientific model currently accepted to explain the appearance, evolution and forms of the universe. Although it is now quite old, all the discoveries that are made about the universe corroborate this theory more and more. For example, if you tune your television to a frequency on which no station is broadcasting, countless snow-like white dots will appear at random on the screen. Some of these white dots (around 1%) are caused by background microwave radiation, i.e. by our 400 million photons per cubic meter whose origin can be traced to the Big Bang. In fact, you are seeing live the remains of the great fire ball that filled the whole universe when it was born.

Résumé. Où vous vous trouvez à présent, il y a environ 400 millions de photons par mètre cube. Et vous vous demanderez, d’où vient cette énorme quantité de particules ? Et que cela signifie-t-il qu’ils soient là ? La réponse, il faut la chercher, ni plus ni moins, dans l’origine de notre univers. Cet essai fait le parcours historique sur les protagonistes de la théorie du Big Bang et leurs principales découvertes. Le Big Bang est le modèle scientifique actuellement en vigueur qui explique l’apparition, l’évolution et la forme de l’univers. Il est déjà assez ancien mais, malgré tout, toutes les découvertes que nous effectuons sur l’univers le renforcent de plus en plus. Ce n’est pas sans raison que si vous sintonisez votre appareil de télévision sur une fréquence sur laquelle il n’y a aucune station émettrice, vous observerez la neige typique composée d’un ensemble innombrable de points blancs qui apparaissent au hasard sur l’écran. Une partie de ces points blancs (environ 1%) sont causés par le rayonnement micro-onde de fond, c’est-à-dire, par nos 400 millions de photons par mètre cube, qui ont tiré leur source du Big Bang. En réalité, vous voyez en direct les restes de la grande boule de feu qui a rempli tout l’univers pendant sa création.



El *Big Bang* es el modelo científico actualmente en vigor que explica la aparición, evolución y forma del universo. Es ya bastante antiguo pero, a pesar de ello, todos los descubrimientos que vamos realizando sobre el universo lo corroboran cada vez más, hasta el punto de que hoy en día ya no cabe la menor duda de que es una descripción correcta de la realidad. Tal seguridad descansa en tres firmes pilares experimentales; primero, como demostró en 1929 Edwin Hubble, el universo se está expandiendo, segundo, la gran abundancia de hidrógeno y helio que observamos en el universo, y sus respectivas proporciones, sólo se puede explicar con este modelo y, tercero, existe una radiación difusa de fondo, a la manera de un rescoldo, que llena el universo y que es imposible de explicar sin el *Big Bang*.

Aunque la idea original del modelo del *Big Bang* fue propuesta por el sacerdote jesuita belga George Lemaître en 1927, hoy día se reconoce como padre del modelo, en su forma moderna, al físico ruso-americano George Gamow, quien, en 1948 y junto con sus colaboradores Ralph Alpher y Robert Herman, dio forma a lo que hoy se conoce como *modelo estándar* del *Big Bang*. Este reconocimiento es justo ya que la idea original de Lemaître no pasaba de ser una mera descripción especulativa bastante *naïf* (casi podría decirse que «de salón»). El gran mérito de Gamow consistió en trasladar la idea desde el terreno de la especulación al terreno de los cálculos matemáticos y las ciencias de la observación y convertirla en un modelo físico capaz de realizar predicciones que se podían medir y contrastar. Gamow se dotó para ello de diversas herramientas matemáticas, que le permitía estimar las temperaturas del universo durante su evolución y de esta forma determinar qué procesos tenían lugar en cada momento.

El modelo de Gamow empezaba en el instante 0.00001 segundos tras el *Big Bang*, momento en que el universo tenía una temperatura de diez billones de grados. En ese instante, el universo debía estar lleno de protones y neutrones libres (las partículas que componen los núcleos atómicos) bañados en un intensísimo mar de radiación electromagnética, de fotones. A esta sopa primordial, Gamow la bautizó con el nombre de Ylem (en castellano, hilem) nombre sacado de los escritos de Aristóteles y que utilizaban los filósofos de la antigua Grecia para referirse a «materia primigenia».

La idea original de George Gamow era que todos los elementos del universo se habrían formado durante los primeros minutos tras el *Big Bang*, mediante reacciones de fusión nuclear. Una brevísima etapa que se conoce hoy día como la *nucleosíntesis primigenia*. Pero pronto este supuesto tuvo que ser abandonado. Ralph Alpher, colaborador de Gamow, realizó, en el trabajo que supuso las bases de su tesis doctoral de 1948, el cálculo detallado de todas estas reacciones, demostrando que esta etapa resultó ser demasiado breve: poco más de 20 minutos. Tras la misma, el hidrógeno y el helio debían suponer más del 99 % del total de los elementos formados, en una proporción prácticamente del 75 % y del 25 % respectivamente. ¡Justo lo que observamos en el universo actual! Se cimentaba así el segundo pilar experimental del *Big Bang*. Además del hidrógeno y del helio, tan sólo se pudieron formar algunas pequeñas trazas (menos de un átomo por cada diez mil millones) de berilio y litio. Pero nada más. ¿De dónde salía entonces el resto de elementos químicos? La respuesta es que se formaron muchísimo después en el interior de las estrellas.

Irónicamente, esta solución la encontró el astrofísico británico Fred Hoyle, uno de los mayores enemigos científicos del *Big Bang* (y sin embargo, amigo personal de Gamow). Hoyle no podía negar la existencia de la expansión del universo, pero sentía una horrible repugnancia ante la idea de que el universo tuviera un origen en el tiempo. De hecho, le parecía tan ridículo el modelo de Gamow que fue el propio Hoyle el que, como burla al modelo, acuñó el término despectivo «*Big Bang*» (Gran Mascletá, podríamos decir) para referirse a él. La gran ironía fue que este término se hizo tan popular que pasó a convertirse en la denominación oficial del modelo de Gamow.

El otro componente del híem de Gamow, de ese fluido primordial que llenaba el universo, era un intensísimo mar de fotones. ¿Pero a dónde fueron a parar todos aquellos fotones? La respuesta asombra por su sencillez: a ningún sitio, o mejor dicho, a todas partes. Todos esos fotones primigenios que llenaban el universo, deberían seguir llenándolo todavía en la actualidad. Tendrían por tanto que estar aún por aquí, en todas partes, conjeturaron Ralph Alpher y Robert Herman, los dos colaboradores de Gamow. Sólo que estos fotones, dijeron, debido al enfriamiento que ha sufrido el universo desde entonces hasta la actualidad, habría disminuido su temperatura y ahora deberían tener una energía muy baja.

Sus cálculos los llevaron a prever la existencia en la actualidad de un fondo omnipresente de fotones de muy baja energía, justo en la región de las microondas, correspondiente a una temperatura de unos 5 grados absolutos (es decir, 268 grados centígrados bajo cero). Debido a que esos fotones en su origen estaban en equilibrio térmico con la materia, su espectro debería tener una forma característica, que se conoce con el nombre de «espectro de cuerpo negro». El cuerpo negro es una idealización teórica que hace referencia a un objeto cuyas propiedades de absorción y emisión de radiación fueran ideales. A pesar de ser una idealización, muchos cuerpos en la naturaleza (nuestro Sol, por ejemplo) tienen un espectro de emisión que se asemeja mucho al espectro teórico de un cuerpo negro.

Esta predicción de Alpher y Herman no era una cuestión sin importancia. La existencia de tal radiación era ni más ni menos que la corroboración definitiva del *Big Bang*. Si no se hallara ninguna evidencia de este fondo de microondas, eso querría decir que no había tenido lugar ningún *Big Bang* y que Hoyle tal vez tuvieran la razón. Sin embargo, pese a su decisiva importancia, la predicción de Alpher y Herman, realizada en 1948, no gozó de mucha prensa y cayó en el olvido hasta que, dos décadas después, llegaron en 1964 Arno Penzias y Robert Wilson.

En 1964, el astrofísico germano-americano Arno Allan Penzias y el físico estadounidense Robert Woodrow Wilson, investigadores de los Laboratorios Bell, estaban trabajando con la antena de comunicaciones del satélite ECHO-1. Este satélite fue uno de los primeros intentos que se realizaron para probar si las comunicaciones vía satélite entre distintas zonas de La Tierra eran en verdad posibles. El ECHO-1 consistía en una simple bola de metal pulido puesta en órbita y la idea consistía en enviar una fuerte señal con una antena desde La Tierra para que rebotara en el satélite y fuera detectada por una segunda antena situada en otro lugar de la superficie terrestre. Para enviar y recibir las señales del ECHO-1, se habían construido dos antenas, una en Goldstone, California, y otra en Holmdel, Nueva Jersey. Esta última era una antena extremadamente sensible que tenía forma de cuerno y a la que se conocía familiarmente por «el Cuerno de Holmdel».

El satélite ECHO-1 fue todo un éxito y, una vez terminó el proyecto, Penzias y Wilson pensaron en reutilizar el Cuerno de Holmdel como radiotelescopio. Buscaron todas las posibles fuentes de ruido que pudieran afectar a la antena, a fin de intentar eliminarlo para que la detección fuera más nítida y dejar la antena en condiciones óptimas para la radioastronomía. Pero había una débil señal en la región de las microondas que no conseguían hacer desaparecer y cuyo origen no lograban concretar. No provenía de la electrónica ni tampoco de ninguna fuente de ondas en las cercanías. De hecho, parecía provenir de todas partes. No importaba hacia dónde apuntara la antena, ahí estaba la débil señal de microondas, con la misma intensidad, con una temperatura en torno a los 3 grados absolutos (270° C bajo cero). Buscando todas las posibles explicaciones, pensaron incluso que tal vez el origen de la señal fuera la conductividad eléctrica de «cierto material dieléctrico que recubría la antena» como lo llamaron ellos; es decir, los excrementos de las palomas que parecían encantadas con la antena. Pero tras emplearse a fondo con la rasqueta, limpiar a conciencia y desalojar a las «okupas», la señal persistía. Dado que no conseguían explicar el origen de ese ruido, un colega de ellos, Bernard Burke, pensó que tal vez fuera un fenómeno astronómico y les sugirió que lo consultaran con el grupo de astrofísicos de la cercana Universidad de Princeton.

Dicho grupo estaba dirigido por Robert Dicke y entre ellos estaba el joven James Peebles. Dicke y Peebles habían comenzado a interesarse hacía poco por la cosmología. Provenían de otras ramas de la astrofísica y desconocían del todo el trabajo que en la década de los cuarenta había realizado el grupo de Gamow. De forma independiente comenzaron a reproducir los resultados alcanzados dos décadas atrás. A instancias de Dicke, Peebles trabajó sobre la producción del hidrógeno y el helio durante el universo primigenio, repitiendo sin saberlo el trabajo de Alpher y Herman. Al igual que ellos, Dicke y Peebles llegaron a la conclusión de que debería haber, como consecuencia de esa fase, una tenue radiación de cuerpo negro de fondo omnipresente, que en la actualidad debería encontrarse en la región de las microondas con una temperatura, como mucho, de 10 grados absolutos.

Lo que sigue es una de las mayores coincidencias en la historia de la ciencia. El grupo de Dicke, que se había creído lo suficiente sus propios resultados, se embarcó en 1964 en la construcción, en el tejado de su laboratorio, de un pequeño detector para medir la existencia de esta radiación cósmica. Pero durante una reunión de trabajo para estudiar los progresos realizados con el detector (que no parecía ser lo bastante sensible), y mientras especulaban sobre la realidad de esa radiación de fondo, recibieron de repente una llamada telefónica. Era Arno Penzias que había detectado una señal extraña en el Cuerno de Holmdel. Cuando Dicke colgó, se giró a su grupo y les dijo: «Se nos han adelantado».

Lo que Penzias y Wilson habían medido con su antena era el ruido cósmico de fondo que demostraba la realidad del *Big Bang*. Pero no eran capaces de explicar qué era lo que estaban midiendo. La explicación teórica del fenómeno la tenía el grupo de Dicke, que había estado intentando medir esa radiación sin éxito. Finalmente ambos grupos optaron por publicar al mismo tiempo sendos artículos en la revista científica *Astrophysical Journal* para que la explicación teórica y la medida experimental aparecieran juntas. Estos artículos, en los cuales no aparecía ninguna mención al trabajo previo del grupo de Gamow, desataron las iras de Gamow, Alpher y Herman, que se enzarzaron en una cruzada por el reconocimiento realizando uno de los primeros «bomb-mailing» de la histo-

ria. A la postre, en trabajos posteriores, y ante la presión del número de cartas que recibían, Dicke y su grupo terminaron reconociendo el trabajo pionero de Gamow.

Este ruido de fondo nos envuelve hoy día. Su máximo de emisión está en la región de las microondas, en concreto en los 280 GHz (una longitud de onda de aproximadamente un milímetro), y donde está usted ahora hay unos 400 millones de fotones por metro cúbico. Aunque la frecuencia en la que se produce el máximo de emisión de esta radiación cósmica queda muy lejos de las bandas usadas para las emisiones de radio y televisión, el espectro del fondo de microondas se extiende hacia frecuencias mayores y menores e, incluso, algunos de sus fotones invaden el intervalo empleado en telecomunicaciones. Por tanto nos encontramos con la grata sorpresa de que parte de esta radiación cósmica primigenia, proveniente directamente del *Big Bang*, se puede «ver» por la pequeña pantalla. ¡He aquí un apoyo excelente para la teoría, ya que sólo nos creemos aquello que sale por la tele! Cuando sintoniza el aparato de televisión en una frecuencia en la que no hay ninguna emisora, observará la típica nieve compuesta por un conjunto innumerable de puntos blancos que aparecen al azar en la pantalla. Una parte de esos puntos blancos (alrededor del 1%) son causados por la radiación de fondo de microondas que tuvo su origen en el *Big Bang*. Está viendo en directo los restos de la gran bola de fuego que llenó todo el universo durante su nacimiento.

El descubrimiento de esta prueba definitiva con la cual el modelo del *Big Bang* dejaba de ser una simple teoría y se asentaba como una descripción correcta de la realidad, era un hecho tan importante que el comité del Premio Nobel no podía pasarlo por alto. Los posibles candidatos eran los tres grupos que habían trabajado en el tema: Gamow y su equipo fueron los pioneros, los primeros que estudiaron el *Big Bang* desde un prisma científico e hicieron predicciones que luego se vieron confirmadas. El equipo de Dicke, dos décadas después, llegó a las mismas conclusiones de forma independiente y más aún, tuvieron fe en su trabajo y emprendieron un intento serio para medir la radiación de fondo que predecían. Penzias y Wilson, tratando de eliminar el ruido de fondo de la antena con la que trabajaban, descubrieron la existencia de una señal de fondo que no conseguían hacer desaparecer y que no podían explicar de dónde provenía. ¿Quiénes creen ustedes que fueron los agraciados?

En efecto. El premio Nobel de 1978 fue para Arno Penzias y Robert Wilson.

