

Salir del atolladero

Bernard Lovell

DAVID H. LEVY

The Scientific American Book of the Cosmos
Macmillan, Londres

DENNIS RICHARD DANIELSON (ed.)

The Book of the Cosmos
Perseus, Oxford

FRED HOYLE, GEOFFREY BURBIDGE, JAYANT V. NARLIKAR

A Different Approach to Cosmology
Cambridge University Press, Cambridge

Hace unos meses asistí a una conferencia sobre «El modelo cosmológico convencional». La dio con absoluta seguridad en sí mismo un hombre joven que era uno de los treinta y seis miembros del equipo «Boomerang». Boomerang quiere decir «observaciones en globo de radiación milimétrica y geomagnética extragaláctica». El globo transportó un complejo equipo a una altitud de treinta y ocho kilómetros sobre la Antártida y el conferenciante describió el análisis de las observaciones antes de que el globo cayera a tierra.

Concluyó que las mediciones ofrecieron una confirmación inequívoca de que el universo comenzó como un *big bang* hace 15.000 millones de años y que el 95 por 100 del universo no podría observarse nunca porque consistía en materia oscura o radiación de alta energía. ¿Es realmente posible que, con nuestra capacidad para estudiar sólo el 5 por 100 del material del universo podamos llegar a unas conclusiones tan extraordinarias y rotundas sobre la totalidad?

No fue esta la única ocasión en la que he recordado en estos últimos años la observación del científico ruso Lev Landau de que «los cosmólogos a menudo se equivocan pero no dudan nunca». Sin embargo, ¿podría darse el caso de que hoy, más de tres siglos después de que John Milton escribiera «Ante sus ojos de súbito aparecen los secretos del abismo ancestral», entendamos cómo comenzó y evolucionó el universo?

En mi juventud, la cosmología no se consideraba un tema válido para los astrónomos observacionales. En la cima de la fama del laboratorio Cavendish, lord Rutherford declaró: «No me dejen oír a nadie hablando de cosmología en mi laboratorio». La creencia de Newton en que vivíamos en un universo de extensión infinita gobernado por sencillas leyes gravitacionales perduró durante más de dos siglos. La cuestión del origen o el comienzo de este universo infinito no constituía un problema para los científicos, sencillamente porque se creía que no había ningún método para estudiar la historia pasada del cosmos. A pesar de buenas dosis de especulación filosófica, no se ha producido ningún avance científico serio con respecto a la respuesta de Newton, incluida en la segunda edición (1717) de su *Óptica*, según la cual: «En el principio Dios

formó la materia en partículas sólidas, compactas, duras, impenetrables y móviles».

La cosmología de Newton parecía completa lógicamente. En *Principia* escribió que existía un espacio infinito para contener el número infinito de cuerpos en el universo y que el «espacio, por su propia naturaleza, sin guardar relación con nada externo, permanece siempre similar e inmóvil».

Mientras contemplamos el cielo en una noche clara, esta cosmología newtoniana sigue siendo seguramente nuestra reacción producto del sentido común: innumerables estrellas que existen aparentemente en un espacio estable e infinito. La autoridad de Newton en relación con la naturaleza absoluta del espacio y del tiempo, y con la extensión infinita de un universo estático, perduró también durante casi doscientos años. Más tarde, a comienzos del siglo XX, la publicación de las teorías relativistas de Einstein iniciaron una revolución en nuestros conceptos del tiempo y el espacio, y transformaron la cosmología en un tema válido para la investigación científica.

Los años posteriores a estas publicaciones comprenden elementos notables y confusos de la historia astronómica. La solución cosmológica de Einstein no predijo un universo estático y, como él pensaba que esto era algo esencial, introdujo un término arbitrario (la constante cosmológica o factor lambda). Con un valor positivo de esta constante, Einstein encontró una solución a las ecuaciones que especifican un universo de densidad de materia uniforme y velocidades aleatorias nulas, en el que el espacio estaba tan curvado que era ilimitado pero finito.

Einstein publicó estas conclusiones en 1917. Cinco años más tarde, un matemático ruso, Alexander Friedmann, que se dedicaba profesionalmente a la meteorología, descubrió soluciones a las ecuaciones de Einstein en las que la densidad de la materia en el universo variaba con el tiempo: la predicción del universo en expansión. Algunos años después, esta predicción teórica del universo en expansión fue verificada brillantemente por Edwin Hubble. En primer lugar, Hubble descubrió que ciertas «nebulosas» entre las estrellas eran objetos distantes en el universo, alejados del sistema local de estrellas de la Vía Láctea, y más tarde, a partir de mediciones espectroscópicas de estas nebulosas, o galaxias externas, que se producía una expansión cósmica del universo a muy altas velocidades y que la velocidad de expansión aumentaba con la distancia de la galaxia. Las soluciones teóricas de Friedmann y las observaciones de Hubble han constituido la base de todos los avances posteriores en cosmología, culminando en la actualidad en la creencia casi unánime de que el universo se originó en un *big bang* hace alrededor de 15.000 millones de años.

Es una suerte que se hayan publicado al comienzo de este siglo dos libros de títulos similares e igualmente espléndidos que dan cuenta de esta historia cosmológica. El *Scientific American Book of the Cosmos* es una selección de dos docenas de artículos de la revista *Scientific American* que cubren los principales avances desde la época de Einstein/Hubble y que tratan, por tanto, de la cosmología del siglo XX. Editado por David H. Levy, que ha escrito una introducción explicativa, el libro contiene un gran número de fascinantes ilustraciones de gran belleza.

El otro, *The Book of the Cosmos*, lleva el subtítulo de *Imagining the Universe from Heraclitus to Hawking*. Editado por Dennis Richard Danielson, se trata de una

antología enciclopédica de extractos de artículos de ochenta y cinco autores, desde la Antigüedad hasta finales del siglo XX . El editor firma una breve y valiosa introducción explicativa a cada uno de los artículos. Danielson resulta especialmente interesante cuando escribe sobre Hubble.

Hubble había sido un becario Rhodes que había estudiado Derecho en Oxford y el vínculo que formó con Inglaterra fue tal que se convirtió en un visitante asiduo del país durante el resto de su vida. Lo conocí después de la Segunda Guerra Mundial en uno de sus últimos viajes a Inglaterra, cuando estaba empezando a florecer la nueva disciplina de la radioastronomía en Cambridge y en Jodrell Bank, revelando características enteramente nuevas del universo. No pensaba que la radioastronomía tuviera mucho que ver con su tema. Había pasado su carrera astronómica bien con el telescopio óptico de 100 pulgadas en Monte Wilson o, más tarde, con el recién encargado telescopio de 200 pulgadas en Palomar. Quizá sus principales descubrimientos con estos grandes telescopios habían confirmado su creencia de que la parte visible del espectro era la única región por medio de la cual podía explorarse el universo. Hubble mostró una actitud más irónica hacia su descubrimiento de que muchas de las nebulosas eran sistemas estelares extragalácticos a grandes distancias de la Vía Láctea, y que sus mediciones de los espectros implicaban que estaban alejándose a grandes velocidades: que el universo estaba expandiéndose. Danielson reimprime una buena parte de la Silliman Memorial Lecture que dio Hubble en Yale en 1935, «El reino de las nebulosas». Hoy resulta difícil creer que Hubble fuera tan cauto en relación con el significado de sus mediciones. La relación entre la velocidad de alejamiento y la distancia de las galaxias se conoce ahora como la Constante de Hubble, y como el valor de esta constante está relacionado con la edad del universo, su valor preciso ha sido cuestionado incesantemente y sigue siendo el tema de grandes investigaciones y debates. En esta conferencia, Hubble se mostraba reacio a aceptar que sus mediciones espectroscópicas del desplazamiento de las líneas espectrales (el desplazamiento al rojo) de las galaxias distantes implicaba un alejamiento de las galaxias, esto es, una expansión del universo. Una razón era, sin duda, que su valor estimado de la constante implicaba que el universo era más joven que la edad de la tierra. Posteriormente se descubrió que las mediciones de la distancia eran erróneas y la anomalía desapareció.

En cualquier caso, Hubble siguió siendo escéptico sobre la verdadera relevancia de sus mediciones para cualquier teoría cosmológica sobre el origen del universo. Vivió lo bastante como para utilizar el telescopio de 200 pulgadas de Palomar y extender así sus mediciones a desplazamientos al rojo incluso mayores, pero en su cuaderno escribió que «no hay pruebas ni de la expansión ni de la no expansión del Universo».

El telescopio espacial Hubble consagra la fama de Hubble, y los descubrimientos que hizo hace más de setenta años constituyen la base de la investigación y el pensamiento cosmológico en la actualidad. Uno de los rasgos más peculiares de la historia astronómica es que él deploró todo debate de las implicaciones cosmológicas de su obra, porque esto conducía a un «atolladero que había que evitar a toda costa». Tuvo el rango de comandante en la Primera Guerra Mundial y posteriormente conservó las actitudes y la disciplina de su rango en el observatorio. Para sus principales ayudantes él fue siempre «el Comandante» y nadie estaba muy dispuesto a llevarle la contraria.

De hecho, aunque Hubble no se vio involucrado, el «atolladero» ya era una realidad creciente. Una nueva generación de astrónomos de la posguerra dejaron pronto su huella tanto en la técnica como en los conceptos teóricos. La cautela de Hubble en relación con la importancia cosmológica de sus mediciones quedó olvidada y ya no volvió a cuestionarse la realidad del universo en expansión. En aquellos primeros años de la posguerra, parecía no haber ninguna posibilidad de que las observaciones astronómicas pudieran llegar a penetrar nunca en esas lejanas regiones donde podían realizarse mediciones relacionadas con las primeras fases de la expansión. Eran los teólogos, no los astrónomos, quienes podían hablar de los orígenes del universo.

Esto fue reconocido por los marxistas y en la Unión Soviética se pusieron trabas al estudio de la cosmología. A un grupo de jóvenes teóricos que se reunieron en Cambridge tras sus ocupaciones durante la guerra tampoco les gustaba y pronto desarrollaron nuevos conceptos para evitar el punto muerto científico asociado con la idea de que el universo tuvo un comienzo en un tiempo pasado finito.

Los líderes de este grupo eran Fred Hoyle, Hermann Bondi y Tommy Gold. Aceptaban la realidad del universo en expansión, pero defendían que había una creación continua de materia que formaría las nuevas galaxias sustituyendo a aquellas que se desplazaban fuera de nuestro campo de visión. Así surgió el principio cosmológico perfecto, en el que el universo exhibía un alto grado de uniformidad a gran escala tanto en el espacio como en el tiempo. El universo era eficazmente inmutable con un pasado y un futuro infinitos.

Esta teoría del estado estacionario se publicó en 1948 y Fred Hoyle consiguió despertar un gran interés del público por estas nuevas ideas en 1950 en una serie de charlas para la BBC sobre «La naturaleza del universo». En estas elocuentes disertaciones, utilizó la palabra *big bang* en un sentido desdeñoso. De los conceptos evolutivos afirmó: «La idea anterior era que el universo comenzó su vida hace un tiempo finito en una sola y enorme explosión, y que la expansión actual es una reliquia de la violencia de esta explosión. Esta idea del *big bang* me parecía insatisfactoria».

Danielson reimprime parte de esta charla y en su comentario señala que «la elocuencia de Hoyle proporcionó ese nombre tan pegadizo justamente para el modelo que ha eclipsado el suyo». Pero habrían de pasar quince años hasta ese eclipse y entretanto tuvo lugar uno de los grandes debates científicos del siglo XX. Del grupo original, Hoyle sigue estando convencido de que, aunque la teoría original del estado estacionario haya de abandonarse, una revisión de la teoría por la del estado cuasi estacionario evita los problemas de un comienzo en el concepto del *big bang*.

A Different Approach to Cosmology: From a Static Universe Through the Big Bang Towards Reality, de Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge y Jayant V. Narlikar, relata en detalle toda la historia. Un poderoso argumento en apoyo de la teoría era que realizaba predicciones que podían ponerse a prueba por medio de la observación. La teoría predecía una distribución uniforme de galaxias que no variaban con el tiempo. En un universo nacido del *big bang*, la expansión implicaría que en épocas anteriores el número de galaxias por unidad de volumen de espacio sería mayor del que encontramos hoy. Fueron las nuevas técnicas de la radioastronomía las que hicieron posible este análisis. A finales de los años cincuenta y comienzos de los sesenta, los

radioastrónomos descubrieron nuevos tipos de galaxias: radio galaxias y quásares, que eran emisores relativamente poderosos de ondas de radio. Las observaciones con los grandes telescopios ópticos revelaron que estas galaxias estaban a grandes distancias; por eso la medición de estas fuentes de radio como una función de la distancia había de ser una manera sencilla de poner a prueba las teorías enfrentadas del *big bang* y del estado estacionario.

Los radioastrónomos de Cambridge habían desarrollado una técnica por medio de la cual podían hacerse estos cálculos y afirmaron que los resultados respaldaban la teoría del *big bang*. Hoyle y sus colegas objetaron de inmediato que los cálculos de radio realizados eran inexactos. La disputa se convirtió en una especie de tira y afloja en el que cada facción aprovechaba los más pequeños detalles para apoyar o denigrar las teorías de la otra.

En 1965, el debate concluyó abruptamente; no por haberse llegado a un acuerdo sobre las mediciones de radio, sino por un motivo completamente diferente. En los laboratorios Bell de Nueva Jersey, dos ingenieros de telecomunicaciones habían ideado un sistema de radio de baja longitud de onda y de una gran sensibilidad para estudiar la viabilidad del satélite-globo estadounidense como un medio de comunicación transcontinental; eran los tiempos previos a la transmisión y la recepción por medio de los satélites geoestacionarios. Cuando probaron este equipo, Arno Penzias y Robert Wilson descubrieron que su anunciada alta sensibilidad quedaba limitada por la radiación de baja intensidad que llegaba uniformemente de cualquier parte del cielo. Esto se interpretó como la reliquia de radiación del *big bang* caliente que se observaba ahora que el universo tenía 300.000 años y se había enfriado de tal modo que la materia había pasado a ser dominante sobre la intensa radiación de la primera época.

Veinte años antes, George Gamov había predicho que un universo que se expandiera a partir de un *big bang* caliente pasaría a través de esta fase, pero su cálculo de la temperatura de la radiación era diez veces más alto del que encontraron Penzias y Wilson. Gamov era un refugiado político ruso que finalmente se estableció en América. Es fácil darse cuenta de que, cuando recayeron los honores y la concesión del Premio Nobel en el descubrimiento y la interpretación de la reliquia de radiación, él tendría que haber expresado su desagrado por el hecho de que no se reconociera su predicción de la radiación. El descubrimiento de esta radiación -conocida en la actualidad como el fondo de radiación cósmica de microondas- y el descubrimiento de Hubble del alejamiento de las galaxias deben considerarse los dos acontecimientos astronómicos más importantes del siglo XX .

La teoría original del estado estacionario hubo de abandonarse, ya que la predicción de la uniformidad con el tiempo pasado no contenía ninguna posibilidad para la emisión del fondo de radiación cósmica de microondas. Hoyle empezó a buscar procesos alternativos por medio de los cuales pudiera emitirse radiación uniforme de baja intensidad. Algunas posibilidades aparecen descritas en *A Different Approach to Cosmology*, pero la interpretación de que la radiación es una reliquia del *big bang* caliente cuenta hoy con una amplia aceptación en la comunidad astronómica.

En la actualidad, la cosmología del *big bang* domina el pensamiento astronómico. Pero quedan pendientes muchos problemas. ¿Por qué revela el universo semejante

uniformidad a gran escala? ¿Por qué es la densidad casi exactamente la necesaria para equilibrar las fuerzas de expansión, y por qué en las primeras épocas no se dispersó toda la materia, de tal modo que no pudiera formarse ninguna galaxia ni ninguna estrella y, por tanto, no pudiera surgir vida alguna?

Algunas de estas preguntas parecen haber quedado respondidas en la teoría de la inflación introducida originalmente por Alan Guth. Según su teoría, cuando el universo tenía menos de un segundo de vida hubo una breve fase de repulsión gravitacional durante la cual el tamaño del universo aumentó en más de un billón de billones de veces. En esa fase se establecieron los parámetros fundamentales del universo. Este es ahora el «Modelo Convencional» y debe decirse que las recientes mediciones del fondo de radiación cósmica de microondas, como las realizadas en el experimento «Boomerang», parecen concordar minuciosamente con las predicciones de esa teoría.

Alan Guth era un hombre joven cuando lo oí presentar por primera vez en la Royal Society esta teoría inflacionaria a los científicos británicos. Sus ideas eran revolucionarias y al final de su exposición anunció de manera espectacular: «Así que ya lo ven, el universo se creó a partir de la nada». Parecía que había producido una negación matemática del truísmo de Lucrecio, según el cual «nada puede crearse de la nada», y confirmó con una prueba matemática del siglo XX la máxima de san Agustín de que el universo fue creado a partir de la nada y de que el tiempo y el espacio fueron creados con la creación del universo.

¿Quiere esto decir que estamos cerca de un entendimiento científico del universo? Hay muchos que sienten que hoy entendemos el universo a grandes rasgos, pero una minoría bastante silenciosa está seriamente preocupada. Más del 90 por 100 de la masa del universo parece ser inobservable. ¿Qué es esta materia oscura? ¿Son las constantes fundamentales de la naturaleza –el campo gravitacional, la velocidad de la luz y los parámetros atómicos– constantes a lo largo del tiempo y del espacio? Paul Dirac, uno de los más grandes teóricos del siglo XX, mostró en un artículo publicado poco antes de la Segunda Guerra Mundial que incluso cambios sin importancia en el pasado podrían dar una explicación diferente de los desplazamientos al rojo, y que aquéllos no implicaban la expansión del universo. Su obra ha caído en el olvido y sólo Hoyle y sus colegas defienden que hay un componente no cosmológico en las mediciones de los desplazamientos al rojo. Por encima de todo, cuando extrapolamos hacia atrás en el tiempo al punto cero del comienzo, hay un profundo problema que queda sin resolver. Cerca del tiempo cero, las teorías gravitacionales, que afectan a las características a gran escala del universo, entran en conflicto con la teoría cuántica, que afecta a lo microscópico. Einstein no consiguió encontrar la verdadera solución unificada, y nadie lo ha logrado aún desde entonces.

Vayamos entonces a la pregunta fundamental. Si el universo evolucionó a partir del *big bang*, ¿qué existió en el principio? Defender que el universo surgió de la nada, como mantienen Guth y otros cosmólogos teóricos contemporáneos, es una brillante evasiva matemática de un problema que podría estar más allá del entendimiento humano.

En 1958 acepté dar las Reith Lectures sobre «El individuo y el universo» para la BBC. Habían de emitirse en noviembre y diciembre de aquel año. Al final de las charlas pretendía hablar del problema cosmológico y tuve la gran suerte de estar en el verano

de aquel año con los más eminentes cosmólogos y científicos del siglo durante unas reuniones celebradas en Bruselas. Una tarde, al salir de la reunión, paseaba con Georges Lemaître por una calle de Bruselas atestada de gente. Él había trabajado con Eddington y habían desarrollado la teoría cosmológica del universo en evolución a partir de una condensación primigenia a la que Lemaître se refería como el átomo primigenio. Mientras esquivábamos a los transeúntes, le dije: «Pero, Lemaître, usted es un sacerdote jesuita y al mismo tiempo el autor de esta teoría de la evolución del universo a partir del átomo primigenio. ¿Cómo se formó el átomo primigenio y cómo comenzó realmente el universo?». Él se paró en medio de aquella calle abarrotada, echó sus brazos a uno y otro lado, y respondió: «Si me lo pregunta como un científico, la respuesta es que no lo sé, pero como sacerdote sí que puedo decírselo».

Traducción de Luis Gago ©

The Times Literary Supplement

www.the-tls.co.uk