

## El cosmos hace noticia

ROBERTO TORRETTI

Se ha caracterizado al hombre como el animal que habla, el animal que sonríe, el animal que cocina su comida. Otro rasgo no menos específico de los seres humanos consiste en que tienen una idea del universo en que viven. Tradicionalmente, esta idea era transmitida de generación en generación por padres y maestros en la forma de relatos ligados a la religión y, con ella, a la identidad cultural de cada pueblo. En las grandes culturas librescas —china, india, helénica, islámica, cristiana— con sus cuerpos de eruditos, no faltaron voluntarios para configurar la idea mítica del universo en “cosmologías”, sueños de la razón alimentados por la fantasía. La cosmología geocéntrica que árabes y latinos heredaron de Aristóteles sufrió un tremendo sacudón cuando Galileo apuntó su anteojo a los cielos. Las noticias que trajo el “mensajero de los astros” destrozaron la bóveda del firmamento que había cobijado al hombre desde que salió de las cavernas. Pero resultaban del todo insuficientes para cimentar un nuevo sistema cosmológico. Para los sucesores de Galileo —Descartes, Huygens, Newton— la gran lección del telescopio era que el sol y toda su escolta de planetas flotan en un lugar cualquiera del espacio infinito que nadie atinaba a articular. Según Auguste Comte, la ciencia astronómica no debe traspasar los límites del sistema solar.

La cosmología científica fue inventada por Einstein en 1917, en el contexto de su teoría general de la relatividad. Su célebre modelo del universo, finito aunque ilimitado, es homogéneo y estático: todas las estrellas están parejamente distribuidas en el espacio y cada una se mueve apenas respecto a las demás. Corresponde así a un saber pretelescopico; pues, aunque en 1910 el telescopio todavía indicaba que las distancias entre las estrellas visibles varían muy lentamente, tres siglos antes ya le había mostrado a Galileo que esas mismas estrellas se concentran de preferencia en la zona de la Vía Láctea. Pero Einstein no estaba motivado por un descubrimiento astronómico, sino por una preocupación filosófica: encontrar una solución de las ecuaciones de su teoría que no le atribuya al espaciotiempo por sí mismo, independientemente de la distribución de la

materia, la función de guiar el movimiento de los cuerpos en ausencia de fuerzas externas. En 1922, el matemático ruso Alexander Friedmann demuestra que el universo homogéneo y estático de Einstein no es sino un caso límite de una familia infinita de universos compatibles con dichas ecuaciones, homogéneos también pero increíblemente dinámicos, que se expanden sin cesar desde un estado de densidad infinita, o sin cesar se contraen hasta alcanzar tal estado, o sucesivamente se expanden y contraen.

Einstein anunció que Friedmann había cometido un error matemático. Pronto se retractó; pero Friedmann, que muere en 1925 con 37 años, cayó en el olvido. Entre tanto, con el nuevo telescopio de Mt. Wilson, Hubble comprobó que la Vía Láctea no es más que una galaxia entre billones, parejamente repartidas, y que las galaxias lejanas huyen tanto más velozmente cuanto más lejos estén. En 1927, Lemaître redescubre por cuenta propia los modelos cosmológicos de Friedmann y explica la estampida de las galaxias como consecuencia directa de la expansión del universo. Con Hubble y Lemaître, las especulaciones matemáticas de Einstein y Friedmann pisan por fin el suelo escurridizo pero incontestable de la experiencia.

Durante casi 40 años la cosmología relativista reposó en este solo fenómeno, no exento de problemas. Según los cálculos de Hubble, la expansión del universo desde el estado de densidad infinita habría tomado hasta hoy unos 2 mil millones de años, ni la mitad de la edad de la tierra según la geología. Hubo quien sostuvo que hay dos tiempos, uno geológico y otro cosmológico, registrados por dos familias de relojes naturales que marchan con distinto ritmo. En 1948, Bondi, Gold y Hoyle inventan la cosmología del estado estable. Según Bondi y Gold, aunque las galaxias huyan, el universo tiene que exhibir en todo momento el mismo aspecto, desde cualquier punto que se lo observe. De otro modo, no tendríamos derecho a inferir de nuestra limitada experiencia conclusiones sobre el pasado remoto. Para compensar el cambio de aspecto que causaría la expansión del espacio, postularon la creación continua de materia a razón de un átomo de hidrógeno por metro cúbico cada trescientos mil años, una cantidad imposible de detectar pero suficiente para rellenar los huecos que va dejando la fuga de las galaxias. La frase "Big Bang", epítome hoy de la idea de un cosmos que "hace noticia", fue acuñada entonces por Hoyle para ridiculizar la teoría relativista del universo. El cosmos en estado estable se crea sigilosamente, día tras día, y nunca asustará con grandes novedades.

En 1952, un nuevo estimado de las distancias estelares aumentó la edad del universo en varios miles de millones de años, resolviendo el conflicto entre cosmología y geología. (Hoy se estima que han transcurrido entre 12.000 y 18.000 millones de años desde el “Big Bang”, tiempo de más para que las rocas radioactivas de la tierra alcancen su estado actual). Pero la cosmología del estado estable siguió atrayendo partidarios hasta que el descubrimiento de un nuevo fenómeno cosmológico le dio gran respaldo a la idea de que el universo fue, hace un número muy grande pero finito de años, enormemente denso y caliente. En 1964, Penzias y Wilson detectaron, con una antena ultrasensible de la telefónica Bell, la presencia invariable de una débil señal de radio en la sintonía de 4.080 megahertz. La señal mantenía una intensidad constante todo el año en todas direcciones. No podía venir, pues, de una estrella o galaxia en particular. En 1965, junto al informe de los observadores, se publicó la interpretación teórica: una señal así correspondería al máximo, enormemente enfriado por la gigantesca expansión del universo, de la radiación térmica que quedó libre cuando, a trescientos mil años del Big Bang, la temperatura del universo cayó bajo los tres mil grados y cesó el intercambio continuo y generalizado que, a mayor temperatura, tuvo que existir entre radiación y materia. Una radiación térmica omnipresente solo podía proceder de esa época, en que el espacio aún no era transparente a la radiación. Que la radiación era térmica, con la curva de intensidad contra frecuencia prescrita por la ley de Planck, era por el momento una conjetura bien fundada; pues su intensidad se había medido solo para el grupo selecto de frecuencias que la atmósfera terrestre deja pasar. Pero después de 1990, esa conjetura fue admirablemente confirmada por las mediciones del satélite COBE, en órbita fuera de la atmósfera. Mucho antes de eso, la mayoría de los científicos había descartado la cosmología del estado estable—cuya creación continua de materia despertaba poca simpatía— y abrazado la tesis de que vivimos en un universo en dramática evolución.

Otros hallazgos de esos años acentuaban el drama. En 1962, se descubren los cuasares, desconcertantes objetos que, si están tan lejos como parece indicar el corrimiento de sus espectros hacia el rojo, emiten tanta energía como cien galaxias juntas, desde un volumen comparable al del sistema solar. Ello supone un proceso radiante muchísimo más violento que los observados en regiones más próximas del espacio (y del tiempo). En 1967 se identifican los primeros pulsares, de los que recibimos señales de radio brevísimas rítmicamente separadas por breves lapsos de silencio, como podría enviárnoslas un objeto que gira como un faro mientras

irradia energía en una sola dirección que gira con él. Por la intensidad de la señal hay que atribuirles una masa que, para girar con esa frecuencia sin salir disparada en pedacitos, tiene que estar contenida en volúmenes pequeñísimos: digamos, la masa del sol en una esfera de 10 kilómetros de diámetro. La teoría general de la relatividad predice la formación de un objeto así si una estrella del tamaño del sol consume todo su combustible nuclear y, por falta de presión, colapsa bajo su propio peso. Más dramático es el colapso de una estrella mayor que dos soles: su superficie sigue encogiéndose hasta caer tras la frontera del “país de cuyo seno ningún viajero retorna”, y la estrella se convierte en un agujero negro. La formación de agujeros negros —mayores y de otro origen— sería capaz de generar procesos de la violencia que delatan los cuasares.

El extremismo de la teoría general se vio realzado por los teoremas sobre “singularidades” que Penrose, Hawking y Geroch dedujeron de ella entre 1964 y 1970. Implican que una cosmólínea (esto es, la trayectoria de vida de una partícula material) que ingresa en un agujero negro fatalmente va a dar en una singularidad, o sea, literalmente, en nada. Implican asimismo que, si el universo se ajusta siquiera aproximadamente a un modelo Friedmann-Lemaître en expansión, el recorrido de cada cosmólínea arranca en último término de una singularidad, de modo que la historia de cada ingrediente original de ese universo comienza en nada. En tiempos de Einstein estas conclusiones habrían bastado para hacer inaceptable la teoría. Para la sensibilidad de fines del siglo XX solo la hicieron más atractiva. Si no, ¿cómo entender el gran esfuerzo dedicado a la física de los agujeros negros cuando aún no había una brizna de evidencia de que tales objetos existen?

Apoyado en estos descubrimientos y en la confirmación cada vez mejor de la teoría general de la relatividad por observaciones precisas dentro de los confines del sistema solar, el modelo relativista del universo en expansión fue aceptado desde 1970 como modelo estándar de la cosmología, reconocida al fin como ciencia respetable de vanguardia. Fue decisiva la alianza de la cosmología con la física cuántica de partículas. Esta explica la génesis de la radiación de fondo y deduce la abundancia observada de los elementos livianos bajo el supuesto de que se formaron en un estado muy denso y caliente del universo. A su vez, aquella le brinda gratis un laboratorio de alta energía que ningún gobierno le podría financiar: los primeros segundos del universo en expansión. Simulando en una computadora procesos transcurridos en aquellas circunstancias, se puede calcular su eventual

desenlace bajo hipótesis alternativas y contrastarlo con lo que el estado actual de las cosas indica que ocurrió en realidad. Con todo, la cosmología relativista, que no es una teoría cuántica, no es propiamente compatible con la física de partículas. Para resolver el conflicto se busca desde hace 30 años una teoría cuántica de la gravedad. Por otra parte, este tipo de tensiones marca toda la historia del conocimiento humano, salvo quizás en períodos y dentro de grupos especialmente estériles, como el estamento sacerdotal del Nuevo Imperio egipcio o las universidades españolas del barroco.

Fruto directo de la colaboración entre cosmología y física de partículas es la cosmología inflacionaria, inventada en 1979 por Alan Guth, y que ha sido desde entonces la principal alternativa al modelo estándar. Guth trabajaba en un problema de las llamadas GUT (“Grand Unified Theories”), teorías que someten a una ley única todas las fuerzas de la naturaleza excepto la gravedad. Las GUT son muy variadas y dejan mucho margen para el ajuste de parámetros, pero a primera vista todas implican que, bajo las altísimas temperaturas próximas al Big Bang, tiene que producirse una cantidad enorme de monopolos magnéticos (objetos que tienen un polo norte o un polo sur, pero no ambos). El problema está en explicar cómo han desaparecido, pues tales monopolos no se ven hoy por ningún lado. Guth buscaba un proceso previsto por las GUT que inhibiera la producción de monopolos. En la noche del 6 de diciembre de 1979 Guth dio con una idea que resolvía no solo su problema de física de partículas, sino también dos problemas de la cosmología estándar. No puedo explicarla aquí, pero resumiré sus consecuencias. De acuerdo con ella, un universo regido por ciertas GUT tendría, al comienzo de su historia, un período muy breve de expansión exponencial. Duplicaría cien veces su diámetro en una fracción de segundo cuya expresión decimal contiene 34 ceros entre la coma y el 1. En el mismo lapso, el universo de la cosmología estándar crecería diez veces, un mil por ciento, 4 dígitos de inflación. La inflación del universo de Guth en esa pequeñísima fracción de segundo tiene 33 dígitos. Con ello, la temperatura baja bruscamente antes de que se produzcan todos esos indeseables monopolos. Pero hay más. En el modelo estándar, cada suceso tiene un horizonte, tras el cual hay objetos que, por falta de tiempo, no han tenido ninguna influencia sobre ese suceso. ¿Cómo entender entonces la homogeneidad entre las partes del espacio que ahora mismo cruzan nuestro horizonte desde direcciones opuestas? ¿cómo se explica, en particular, el equilibrio térmico que la radiación de fondo revela que había, a 300.000 años del Big Bang,

entre regiones del universo que estarían entonces cada una detrás del horizonte de la otra? En un modelo de Guth, esas regiones habrían tenido ocasión de interactuar antes que la inflación las separara. El otro problema cosmológico que resuelve la inflación concierne a la curvatura del espacio, una propiedad nada intuitiva, pero conceptualmente análoga a la curvatura de una superficie. En los modelos de Friedmann, el espacio generalmente tiene en cada momento una curvatura constante diferente de cero. Con la expansión, la diferencia aumenta. Como ahora mismo en el mundo real esa diferencia es muy pequeña, al comenzar la expansión habría sido virtualmente nula. Un segundo después del Big Bang, el parámetro Omega —igual a 1 si la curvatura es igual a 0— no podría haber diferido de 1 en más de un billonésimo de una milésima parte. La cosmología estándar acepta este hecho sin pedir explicación. La inflacionaria, en cambio, lo explica. Por grande o pequeño que fuese el valor inicial de Omega, la expansión exponencial lo empuja hasta igualarlo a 1 con exquisita exactitud.

La primera versión del cosmos inflacionario tuvo tropiezos insuperables, pero la han reemplazado otras. Nuevas observaciones generan resultados que a veces refuerzan el inflacionismo, y otras parecería que van a sepultarlo para siempre. Si el espacio es o no perfectamente “plano” (curvatura cero), si la expansión del universo se acelera o se retarda, si hay suficiente materia desconocida en el universo para forzarlo un día a contraerse o si seguirá expandiéndose sin término, son dilemas que la cosmología está empeñada en resolver. Ahora que la figura misma del universo se debate en las arenas movedizas de la ciencia, tenemos que estar listos para que el día menos pensado nos informen por televisión que es totalmente distinta de lo que nos decían hasta ayer. Se acabó el tiempo en que un mito venerable nos enseñaba de una vez por todas donde estamos parados.