

La historia del origen

La serie de televisión de éxito más inverosímil de los últimos veinte años lo dice claramente justo al final de su sintonía: *It all started with the big bang!*¹ De acuerdo. Pero ya se sabe que no podemos fiarnos de todo lo que dice la caja tonta, ni siquiera en sus programas más culturales: la versión completa de la canción afirma en una de sus estrofas que la expansión se frenará un día para iniciar una contracción que terminará en un gran colapso.² Desde finales de la década de 1990 sabemos que no será así, ya que el universo se encuentra en una fase de expansión acelerada que, lejos de llevarnos hacia ese gran colapso final, guía al cosmos hacia una muerte fría en un estado de máxima dilución, oscuro y yermo.

Cuando un cosmólogo (un físico que estudia el universo como un todo, su origen, evolución y destino) hace afirma-

¹ «Todo empezó con la Gran Explosión», banda sonora de la serie de la CBS *The big bang Theory*, compuesta e interpretada por la banda canadiense Barenaked Ladies.

² *It's expanding ever outward but one day / It will pause and start to go the other way. / Collapsing ever inward, we won't be here, it won't be heard / Our best and brightest figure that it'll make an even bigger bang!* Pues no, parece que no será así en absoluto, seguro que Sheldon Cooper, el protagonista de la serie, podría explicárselo...

ciones como la que cierra el párrafo anterior, parece que no deja espacio a ninguna duda. Puede creerse que realmente conocemos con precisión no solo lo que ocurrió en el universo hasta el propio momento de su origen, sino que también entendemos perfectamente su evolución y su futuro. Muchas veces la gente que siente curiosidad por temas científicos o que, simplemente, se plantea cuestiones sobre estos asuntos se hace una pregunta quizá más importante: ¿Cómo podéis saber cuál fue el inicio del universo? Al fin y al cabo, según nuestros cálculos, ese inicio ocurrió hace casi 14 000 millones de años, y parece que ninguno de nosotros estuvo allí para verlo, ni nos ha llegado ningún tipo de información de primera mano desde aquel momento.

Esas dificultades aparentes para conocer con detalle el origen y el destino de todo hicieron que durante siglos la cosmología fuera una rama de la filosofía, más cercana a la teología que a las ciencias naturales. Hace menos de cien años que este estado de cosas cambió, de modo que algunos físicos y matemáticos entendieron que era posible aplicar los principios básicos de sus ciencias a todo el cosmos, incluyendo al espacio y al tiempo no solo como el escenario donde ocurren los eventos de la historia, sino como actores de enorme importancia. La teoría general de la relatividad postulada por Albert Einstein demostró, más allá de toda duda, que el espacio y el tiempo eran cambiantes y estaban entremezclados, y que su forma exacta dependía directamente de su contenido de materia y energía. Además, estas dos últimas eran intercambiables, con lo que todo lo necesario para entender el universo se reducía

en la práctica a una ecuación, la ecuación de campo de Einstein, que incluía dos magnitudes: las propiedades geométricas del espacio-tiempo (lo que los geómetras conocen como su «métrica») y el contenido total de materia y energía en cada punto y en cada instante. Estas dos cantidades se relacionan directamente entre sí, de modo que conociendo una puede calcularse la otra. Como resumió el cosmólogo John Archibald Wheeler: «El espacio-tiempo le dice a la materia cómo debe moverse, y la materia le dice al espacio-tiempo cómo debe plegarse».

A principios de la década de 1920, los primeros exploradores teóricos del cosmos empezaron a trabajar con esos conceptos. Utilizando modelos muy simplificados, como podían ser universos perfectamente vacíos u otros con distribuciones de materia completamente homogéneas o con simetrías absolutas, encontraron soluciones matemáticas de las ecuaciones de Einstein que representaban la evolución del universo como un todo. Hoy sabemos que algunas de ellas eran más correctas que otras (la solución que lleva el nombre del propio Einstein resultó una de las menos adecuadas), y de hecho seguimos utilizándolas como aproximaciones útiles casi cien años después.

Como investigadores forenses

En muchas ocasiones, cuando un científico presenta su trabajo al público se enfrenta a una de las preguntas más difíciles: «¿Por qué estudiáis esto?», o a su hermana, aún más

peligrosa: «¿Para qué estudiáis esto?». En ocasiones se pueden presentar motivaciones más o menos inmediatas para justificar el interés de una investigación. Puede haber un interés tecnológico o representar un avance en el cuidado de la salud, por ejemplo. Cuando uno habla de ciencia básica, en cambio, es más difícil que existan esas justificaciones, aunque en muchos casos es posible defenderse aludiendo a futuros avances técnicos que pudieran surgir a partir de la investigación presente.

Los astrónomos no gozamos de muchas de esas opciones. A cambio tenemos la suerte de ocuparnos de algunas de las preguntas que más han preocupado a la humanidad desde su origen: ¿de dónde venimos?, ¿adónde vamos?, ¿hay vida en otros planetas? Muchas de esas preguntas solo pueden tener una respuesta real si se busca desde el campo de la astronomía. En concreto, en este libro intentaremos acercar a los lectores al origen del universo y a su posible final, y dar respuestas a algunas de las preguntas más profundas que podemos hacernos y que, hasta hace poco, eran campo exclusivo de la especulación.

Hemos mencionado ya que uno puede intentar entender el origen del universo a partir de modelos matemáticos más o menos complejos, pero resulta evidente que a la hora de la verdad es necesario disponer de observaciones y datos que permitan confrontar esos modelos con la realidad. Tradicionalmente, la astronomía ha sido separada de la mayoría de las otras ciencias en el sentido de ser una ciencia no experimental, sino observacional. Mientras que la mayor parte de los científicos disponen de la posibilidad

de realizar experimentos para poner a prueba sus teorías o sus modelos, y repetirlos tantas veces como sea necesario (¡o económicamente viable!), el astrónomo ha de limitarse a observar el cielo y confiar en encontrar en él pistas suficientes para poder entender los fenómenos que detecta.

La cosmología puede parecer un caso aún más extremo: el origen del universo no es directamente observable, con lo cual la tarea se parece más a la de un investigador forense, que debe deducir las respuestas a sus preguntas a partir de las pistas más o menos ocultas que pueda encontrar en la escena del crimen. Por fortuna, el ingenio de varias generaciones de astrónomos ha logrado descubrir y organizar bastantes de esas pistas, hasta construir un caso que puede superar la revisión del juez más severo. Por estas páginas pasarán muchas de esas pistas y las interpretaciones que se han hecho de ellas.

El mapa de nuestro viaje

Para intentar acercarnos al origen del universo desde nuestra posición necesitaremos disponer de una serie de herramientas y repasar muchos descubrimientos teóricos y observacionales que se han producido en los últimos cien años. Veremos pasar las ecuaciones que diseñó Einstein para describir la gravedad, y que permitieron a los matemáticos calcular las posibles formas del universo hace cien años, así como a los físicos descubrir las ondas gravitacionales en el año 2016. Repasaremos decenios de

descubrimientos astronómicos, guiados por la pericia de sus descubridores y los avances de la tecnología en cada época: la expansión del universo en 1929, su composición química en 1948, el fondo cósmico de microondas en 1965, la aceleración de la expansión en 1998 y la distribución a gran escala de las galaxias en 2005.

Repasaremos brevemente qué ocurrió en las fases más tempranas del cosmos y del conjunto de entidades diferentes que forman parte de él, incluyendo a nuestros vecinos más exóticos, como la materia y la energía oscuras. Y, una vez que el origen del universo sea algo que nos resulte familiar, tendremos que mirar hacia el extremo contrario: ¿cómo acabará todo?

Esperamos que el viaje sea agradable y que el lector lo complete con algunas respuestas y, sobre todo, con más y más nuevas preguntas.