



1 KILO  
*de*  
CULTURA  
GENERAL

*Florence Braunstein  
y Jean-François Pépin*



ESPASA

FLORENCE BRAUNSTEIN  
Y JEAN-FRANÇOIS PÉPIN

1 KILO DE CULTURA GENERAL

Traducción de  
Traducciones Imposibles, S. L.

Adaptación de textos  
Juan Ignacio Alonso



© Presses Universitaires de France, 2014  
© Traducciones Imposibles, S. L. por la traducción, 2015  
© Espasa Libros, S. L. U., 2015

Título original: *1 kilo de culture générale*

Adaptación de textos: Juan Ignacio Alonso Campos

Preimpresión: Safekat, S. L.

ISBN: 978-84-670-4589-5  
Depósito legal: B. 23.961-2015

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con Cedro a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Espasa, en su deseo de mejorar sus publicaciones, agradecerá cualquier sugerencia que los lectores hagan al departamento editorial por correo electrónico: [sugerencias@espasa.es](mailto:sugerencias@espasa.es).

[www.espasa.com](http://www.espasa.com)  
[www.planetadelibros.com](http://www.planetadelibros.com)

Impreso en España/Printed in Spain  
Impresión: Rotapapel, S. L.

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como **papel ecológico**.

Espasa Libros, S. L. U.  
Avda. Diagonal, 662-664  
08034 Barcelona

# SUMARIO

NOTA PARA EL LECTOR .....	11
INTRODUCCIÓN: <i>SAPERE AUDE</i> , «ATRÉVETE A SABER».....	13
PRIMERA PARTE. LA PREHISTORIA .....	31
SEGUNDA PARTE. LA ANTIGÜEDAD .....	127
Las primeras grandes civilizaciones antiguas del Próximo y Medio Oriente .....	129
Las civilizaciones del mundo clásico.....	265
TERCERA PARTE. LA EDAD MEDIA .....	393
CUARTA PARTE. EL RENACIMIENTO .....	621
QUINTA PARTE. LA ÉPOCA MODERNA.....	707
El mundo del siglo XVII .....	709
El mundo del siglo XVIII .....	795
SEXTA PARTE. LA ÉPOCA CONTEMPORÁNEA .....	909
El mundo del siglo XIX .....	911
El mundo de la primera parte del siglo XX .....	1095
El mundo de la segunda parte del siglo XX .....	1223
En marcha hacia el siglo XXI... ..	1389
ÍNDICE ONOMÁSTICO .....	1401
ÍNDICE GENERAL .....	1449

# 1

## EXPLICAR EL UNIVERSO

La existencia de un universo que los hombres luchan por entender más allá de las justificaciones cosmogónicas proporcionadas por los pensamientos religiosos le empuja a buscar una explicación racional, basada en las deducciones de las observaciones que se formulan. Los primeros modelos explicativos los crearon geógrafos, matemáticos y filósofos griegos en un momento en el que la ebullición de los pensamientos del hombre le descubren quién es y cómo es el mundo que le rodea. Sin embargo, hay que esperar a Nicolás Copérnico (1473-1543) para que se ponga en funcionamiento el primer diseño moderno de nuestro universo. El conocimiento de sus componentes principales allana el camino para que se cuestione su origen. Esta tarea caerá en las manos de dos científicos: el físico y matemático ruso Alexandre Friedmann (1888-1925) y el canónigo belga Georges Lemaître (1894-1966), astrónomo y físico, ambos originarios de lo que su compañero británico Fred Hoyle (1915-2001) denomina con ironía la teoría del Big Bang en una emisión de radio de la BBC, *The Nature of Things* («La naturaleza de las cosas»). El Big Bang fue un éxito importante antes de ser cuestionado, desde principios de los años noventa, por la teoría de cuerdas, que se proponía poner fin a la incompatibilidad entre los dos sistemas principales de la física, el de la relatividad de Albert Einstein (1879-1955) y el de la física cuántica. El primero, la física clásica, no logró describir lo infinitamente pequeño, y la teoría de cuerdas quiso

reconciliar la relatividad general, la gravitación relativista y la mecánica cuántica de la física relativista. Este proyecto aportaría una nueva explicación del nacimiento del universo.

### LOS GRIEGOS Y LAS PRIMERAS EXPLICACIONES RACIONALES

Es Tales de Mileto (h. 625-h. 547 a. C.) quien, en primer lugar, se basa en sus observaciones para dar una explicación religiosa a la formación del universo. Filósofo y matemático, famoso por el teorema que lleva su nombre, considera el agua como el principio primero del universo. La Tierra es similar a un disco de madera flotando en el agua, una masa líquida que forma la materia primaria. El universo es originalmente el agua, que se mantiene en sus transformaciones: la Tierra es agua condensada; el aire es agua enrarecida. Por encima de la Tierra que flota sobre el agua, un cielo cóncavo en forma de hemisferio constituye el aire. Aunque Tales no dejó una obra, sí lo hizo su sucesor como maestro de la escuela de Mileto, Anaximandro (h. 610-h. 546 a. C.), autor de *Sobre la naturaleza*, *El perímetro de la Tierra*, *Sobre los cuerpos fijos* y *La esfera*. Donde Tales concibe el agua como el origen del universo, Anaximandro lo sustituye por el *apeirón*, el infinito, lo ilimitado, lo que nunca se engendrará. Se trata de un principio, no de un material, y es a la vez una fuente eterna de vida, principio de su regeneración, causa de cualquier destrucción. Por tanto, cualquier material nace del *apeirón*, se desarrolla gracias a él y regresa a él al final del ciclo. El material primordial se organiza por la separación de los contrarios, lo caliente de lo frío, lo seco de lo húmedo. En el centro del universo flota la Tierra, en forma de cilindro, inmóvil en el infinito, en el *apeirón*. Al principio, calor y frío se separan. Este fenómeno provoca la formación de una bola de fuego que rodea la Tierra. Cuando se destruye, esta bola da origen al universo, en forma de bolas huecas concéntricas y llenas de fuego. Cada rueda está atravesada por un agujero. Se define así: en el centro del universo, la Tierra inmóvil; después la rueda de estrellas, la de la Luna, la del Sol, cada una girando sobre sí misma. Cuanto más alejada está la rueda de la Tierra, más crece su circunferencia y más intenso es el fuego interno que la consume. Como los componentes nacidos del *apeirón* acaban volviendo, Anaximandro plantea que los mundos tienen un nacimiento, una vida y un propósito. Su existencia y sus distintas fases de actividad los llevan a tener éxito; algunos nacen cuando otros mueren, y viceversa. La modernidad de sus hipótesis se

refleja en el origen de la vida, según Anaximandro, hombres cubiertos con escamas y nacidos del mar que desaparecieron como consecuencia del cambio climático. Parménides de Elea (finales del siglo VI - mediados del V a. C.) concibió la Tierra como una esfera colocada en el centro de un universo cuyos componentes básicos son la tierra y el fuego. Será un filósofo, Aristóteles (384-322 d. C.), quien proporcionará el modelo de organización del universo físico, modelo tomado por sus sucesores hasta el cuestionamiento de Copérnico. La Tierra, inmóvil, está en el centro. Alrededor de ella giran todas las otras estrellas. Sin embargo, el universo presenta una naturaleza doble, la de un mundo sensible que reagrupa todos los objetos entre la Tierra y la Luna, hechos a partir de los cuatro elementos: tierra, agua, aire, fuego. Y el mundo celestial está más allá de la Luna, donde los cuerpos son inmutables, bañados continuamente en el etéreo, un fluido sutil que llena el espacio. Sin embargo, no es hasta el principio de nuestra era cuando aparece la obra que dominará la astronomía hasta la revolución copernicana: el *Almagesto*, de Claudio Ptolomeo (h. 90-h. 168), más conocido como Ptolomeo. El *Almagesto*, que significa el «grande» o el «libro grande», es el primer libro completo sobre astronomía y matemáticas que ha llegado a nuestros días.

Sin embargo, el sistema que presenta Ptolomeo plantea un doble problema: por un lado, atribuye a Dios el origen del universo como acto de creación demiúrgico, lo cual supone un retroceso en la búsqueda de explicaciones racionales. Y por otro, al contar con el total apoyo de la Iglesia católica, este pensamiento será hegemónico hasta el Renacimiento. Al cuestionar la estructura del universo según Ptolomeo se volvió a poner en duda la *pagina sacra*, la Sagrada Escritura.

### **ALMAGESTO**

*Almagesto*, el «Gran libro», es el título que pasó a la historia bajo su forma arabizada, al-Mijisti (El muy grande), del libro originalmente titulado *Mathematike syntaxis*, o *La gran composición*. Su autor, Ptolomeo, fue un geógrafo, matemático y astrónomo griego de Alejandría (Egipto). El fondo de la obra se basa en trabajos previos de Hiparco (h. 190-a. 120 a. C.), al que Ptolomeo rinde un homenaje. Por tanto, le atribuye la creación de las tablas trigonométricas de las matemáticas. Estas tablas le permiten a Hiparco, cuyos escritos están perdidos —a excepción de la cita que hace Ptolomeo—, predecir eclipses lunares y

solares, además de crear un catálogo de estrellas. Nuevamente inspirado por Hiparco, Ptolomeo presenta un universo geocéntrico en el que la Tierra inmóvil ocupa la posición central. Los planetas giran sobre ruedas llamadas «epiciclos». Cada epiciclo gira alternadamente en un *deferente*, es decir, en otra rueda cuyo centro es la Tierra. Las estrellas flotan en un líquido al que no presentan resistencia. Además de Hiparco, Ptolomeo se apodera de la cosmología de Aristóteles (384-322 a. C.): alrededor de la Tierra inmóvil, la Luna gira en un mes; Mercurio, Venus y el Sol, en un año; Marte, en dos años; Júpiter, en doce años; Saturno, en treinta años. Sin embargo, la corrige y no adopta la idea de que los planetas y el Sol están fijos sobre esferas de cristal inmóviles —hasta el número cincuenta— alrededor de la Tierra. Detrás de la esfera más grande, la más externa, ardería el fuego divino. Para Ptolomeo, las esferas se mueven, desde la más alejada que contiene las estrellas, hasta la más próxima, en cuyo centro está la Tierra. El *Almagesto* consta de trece libros. El primero y el segundo se dedican a una concepción matemática del universo, a la recuperación de las tablas trigonométricas de Hiparco. El tercero muestra el movimiento excéntrico del Sol, pues el centro de su trayectoria difiere del de la Tierra. A continuación, los siguientes cuatro libros analizan la Luna, su movimiento, sus eclipses. Los libros 8 y 9 son un catálogo de estrellas, divididos en 1.022 cuerpos celestes que dependen de las 48 constelaciones de la Vía Láctea. Los cuatro últimos libros estudian los planetas y, sobre todo, la observación de los amaneceres y atardeceres antes o después de los del Sol, fenómenos llamados «amaneceres» o «atardeceres helíacos». El conjunto está dominado por la idea de que la creación del universo es de origen divino, y, por tanto, perfecto. Por este motivo los movimientos de los epiciclos y del deferente solo pueden hacerse mediante círculos, la figura perfecta.

Ptolomeo introduce dos innovaciones fundamentales:

- El concepto de «punto equante»: punto excéntrico desde el cual vemos el planeta describir una trayectoria con una velocidad de rotación constante.
- El excéntrico, un epiciclo inverso en el que gira el centro del deferente.

## DEJANDO ATRÁS A PTOLOMEO: DE COPÉRNICO A EINSTEIN

Es la riqueza intelectual del Renacimiento la que, a pesar de las renuencias de la Iglesia y de los poderes conservadores, autoriza la revolución copernicana: el geocentrismo da paso al heliocentrismo. La Tierra ya no está en el centro del universo y gira alrededor del Sol, *belios* en griego, impulsado al lugar de figura central.

NICOLÁS COPÉRNICO (1473-1543) es un canónigo polaco. Digno hijo del Renacimiento, acumula conocimientos de diferentes áreas: combina la medicina, la física, la mecánica, las matemáticas y la astronomía. Después de estudiar derecho canónico —la ley de la Iglesia— en las universidades italianas, Copérnico regresó a Polonia. Su tío, obispo, le había concedido un beneficio canónico en Frombork, un pueblo en el norte de Polonia. Entre 1510 y 1514 se dedica a escribir un *Comentario* sobre el *Almagesto* de Ptolomeo, donde formula la hipótesis del heliocentrismo. Desde este punto de partida, Copérnico trabaja dieciséis años acumulando observaciones, notas y materiales para la reflexión. El conjunto constituye, en 1530, el contenido de *De revolutionibus orbium coelestium* [*Las revoluciones de las esferas celestes*]. El libro fue publicado póstumamente, en 1543, en Núremberg, como resultado de los esfuerzos de Georg Joachim von Lauchen, conocido como Rheticus (1514-1574), un joven matemático austríaco entusiasmado por el trabajo de Copérnico, quien parece que no tenía intención de publicarlo. Copérnico propuso una hipótesis radical, que hacía añicos la tesis de Aristóteles y de Ptolomeo sobre una Tierra inmóvil colocada en el centro del universo, hipótesis de la que proviene el nombre posterior de «revolución copernicana». La Tierra gira sobre sí misma en un día y esta *rotación* es acompañada por una *revolución*, que se completa en un año, en el cual la Tierra gira alrededor del Sol. No solo la Tierra se mueve sobre sí misma y alrededor del Sol, sino que, en este último caso, todos los demás planetas hacen lo mismo. Pero una Tierra móvil y un universo heliocéntrico son un insulto a la divina creación enseñada por la Iglesia. Si Copérnico, que murió poco antes de la publicación de su libro, se libró de los ataques de la Iglesia, no sucedió lo mismo en el caso de su admirador y seguidor, Galileo Galilei, conocido como Galileo (1564-1642), físico italiano y astrónomo.

GALILEO, en su *Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo* (1632), utiliza uno de los tres personajes puestos en escena para defender con-

tundentemente el sistema copernicano, frente a un abogado mucho peor que el de Aristóteles y de Ptolomeo, que tenía el nombre predestinado de Simplicio, el Simple, léase el Simplón. Sin embargo, desde 1616, la Iglesia católica condena oficialmente la tesis de Copérnico. Varios meses ante el temible tribunal del Santo Oficio en Roma llevaron a Galileo a retractarse de la herejía que consiste en colocar al Sol en el centro del universo. El *Diálogo* se prohibió y su autor fue condenado a cadena perpetua, sentencia conmutada a arresto domiciliario en Florencia. En 1757, el *Diálogo* es retirado de la lista de obras prohibidas del Índice. Bajo el pontificado de Juan Pablo II (papa de 1978 a 2005) se rinde un homenaje a Galileo, hecho que, pese a todo, no supuso una rehabilitación formal, que todavía no ha tenido lugar hasta la fecha pese a que en febrero de 2009 el arzobispo Gianfranco Ravasi (nacido en 1942), presidente del Consejo Pontificio por la Cultura, celebrase una misa en su honor.

TYGE OTTESEN BRAHE, o TYCHO BRAHE (1546-1601), astrónomo danés, se benefició durante una gran parte de su existencia de condiciones excepcionales para realizar sus observaciones. Nacido en una familia noble y adinerada, después de estudiar derecho y filosofía en la Universidad de Copenhague, su destino era seguir la carrera diplomática. Pero el joven descubrió su pasión por la astronomía. Después de la muerte de su padre, pudo hacer uso de su herencia y actuar sin impedimentos. En noviembre de 1572, observa el paso de una estrella en la constelación de Casiopea, en realidad una supernova, una estrella que desaparece en una fantástica intensidad luminosa. El hecho de que se mueva contradice la teoría de las estrellas fijas. Tycho Brahe publica su observación con *De Stella Nova (Estrella nueva)* en 1573. Al año siguiente, el rey Federico II de Dinamarca (1534-1588) le regala la isla de Ven, cerca de Copenhague, para instalar allí un observatorio astronómico que él bautizó como *Uraniborg*, o «Palacio de Urania», la musa de los astrónomos. Desarrolla un modelo de universo geo-heliocéntrico que concilia el geocentrismo de Ptolomeo y el heliocentrismo de Copérnico. Si la Tierra permanece inmóvil y es el centro del universo, el Sol y la Luna giran en torno a ella; sin embargo, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno giran alrededor del Sol. Las estrellas se sitúan en la periferia del conjunto. Este sistema, que modifica la organización del universo, no cuestiona su origen divino, sino que es el fruto de la voluntad de un demiurgo.

JOHANNES KEPLER. En la historia de la búsqueda de una explicación de la estructura del universo, el sucesor de Tycho Brahe es el alemán Johannes Kepler (1571-1630), que alguna vez fue su ayudante en el final de su vida. Ambos mantuvieron una colaboración tormentosa, porque sus puntos de vista eran muy diferentes. Kepler, que era protestante y pensaba que su destino era convertirse en pastor, estudia astronomía al mismo tiempo que teología en la Universidad de Tübingen, donde descubre el sistema heliocéntrico de Copérnico. Esta doble formación le permite entrar en un proyecto que presenta mediante la publicación de *Mysterium Cosmographicum* [*El Misterio cósmico*] (1596). Con él pretende revelar que el universo ha sido diseñado por Dios, y se basa en informes cuantitativos que atestiguan la perfección de su creación. Cada uno de los cinco planetas conocidos en la época, además de la Tierra, encajan dentro de una esfera, incluida en un poliedro regular a su vez incluido en otra esfera, que también se incluye en otro poliedro regular, y así sucesivamente hasta la completa utilización de los cinco poliedros regulares conocidos por Platón, denominados «sólidos de Platón». El lector puede imaginarse un sistema similar al de las muñecas rusas, una *babouchka* cada vez más grande sustituida alternativamente por una esfera y un poliedro. Júpiter se asocia con el tetraedro regular (pirámide), Saturno con el hexaedro regular (cubo), Mercurio con el octaedro (figura de ocho caras regulares), Marte con el dodecaedro (figura de doce caras regulares), Venus con el icosaedro (figura de veinte caras regulares). Estas observaciones conducen a Kepler a revisar uno de los aspectos de la teoría copernicana: el movimiento de los planetas alrededor del Sol describe una elipse y no un círculo. Las propiedades del movimiento de los planetas alrededor del Sol son definidas por «las leyes de Kepler», enunciadas en su *Astronomia Nova* [*Nueva astronomía*] (1609):

— *La ley de las órbitas*: los planetas describen trayectorias elípticas alrededor del Sol.

— *La ley de las áreas*: cuanto más cerca está un planeta del Sol mayor es la velocidad de movimiento. Por tanto, el Sol ejerce una atracción en los planetas que disminuye en proporción a su lejanía;

— *La ley de los períodos, o ley armónica de Kepler*: el movimiento de los planetas está unificado en una ley universal: la fuerza ejercida por la atracción es proporcional a la masa de cada planeta. De esta tercera ley parte el matemático y físico Isaac Newton (1643-1727) para desarrollar su teoría de la gravitación universal. Sin embargo, como otros

científicos de su época, Kepler no distingue entre astronomía y astrología, y considera ciencias a las dos. Adquiere una gran fama tanto por sus trabajos basados en las matemáticas como por el cálculo de los horóscopos. Como los pitagóricos, los defensores de la «armonía de las esferas», un universo en donde los planetas se reparten según proporciones musicales distribuidas —el espacio que los separa corresponde a intervalos musicales—, Kepler atribuye a cada planeta un tema musical, y su mayor o menor velocidad se expresa por notas musicales diferentes. Es el objeto de su libro *Harmonices Mundi*, o *Armonía del mundo*, publicado en 1619.

ISAAC NEWTON (1643-1727) impulsa un cambio decisivo en la astronomía. Matemático, físico, astrónomo, pero también filósofo y alquimista, define los principios de la gravitación universal en 1687 en su *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, o *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Para definir el movimiento de un cuerpo afectado por la atracción, Newton emplea el término latino de *gravitas*, el peso, que luego pasa a ser la gravedad. Una leyenda cuenta que la idea se le ocurrió cuando una manzana cayó sobre su cabeza mientras descansaba bajo un manzano. No se descarta que la caída de las manzanas maduras pudiera inspirar la reflexión del científico. La gravitación es el fruto de una interacción; en este caso, la atracción de los cuerpos entre sí debido a su masa. De este modo, dos cuerpos puntuales, una manzana y la Tierra, ejercen una fuerza gravitacional una sobre otra. La diferencia de masa hace que la manzana no pueda resistir la fuerza de atracción terrestre y caiga. La gravedad revela la atracción terrestre, que evita que volemos, pero también el movimiento de las mareas, las fases de la Luna, la órbita de los planetas alrededor del Sol, todos determinados por la fuerza gravitacional. Al afirmar esto, Isaac Newton abre una brecha en la teoría de un universo donde los espacios entre planetas están ocupados por un fluido. No puede haber un vacío, pues un espacio sin nada supondría que la creación de Dios es imperfecta. Es tal la incomodidad de Newton que reintroduce el éter, pero con la forma de un «espíritu muy sutil», un éter mecánico, mediador de la fuerza gravitacional sin someterse a esta. Como simple hipótesis, nunca expresada en sus cálculos, este éter puede formar parte, sin verse afectado por él, de un espacio presentado como *sensorium Dei*, «el sensorio de Dios». Por otra parte, Newton explica el movimiento de los planetas, todavía considerados por la Iglesia inmóviles desde su creación. Newton, profundamente creyen-

te, concilia las exigencias de su ciencia y las de su fe diciendo que, si bien la gravedad explica el movimiento de los planetas, esta no puede explicar qué es lo que activa su movimiento, devolviendo así a Dios su omnipotencia.

Habrá que esperar a principios del siglo XX para que se demuestre la inexistencia del éter, etapa indispensable para abrir paso a la teoría de la relatividad especial, formulada en 1905 por Albert Einstein (1879-1955). En un artículo titulado «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento»<sup>1</sup>, Einstein desarrolla tres puntos fundamentales: el éter es una noción puramente arbitraria; la velocidad del desplazamiento de la luz con respecto al observador no depende de la velocidad de este, pues siempre es de 299.792 kilómetros por segundo; las leyes de la física respetan el principio de relatividad. Según este último, las leyes de la física no dependen del observador; las medidas efectuadas confirman las mismas ecuaciones, las leyes idénticas dan como resultado medidas idénticas, aunque el referencial sea distinto, para todos los observadores en movimiento a una velocidad constante. La relatividad especial solo concierne a los objetos en movimiento y parte de la constancia de la velocidad de la luz, sea cual sea la del observador. Si la velocidad de la luz es constante, el tiempo es el que varía; pasa más lentamente en un lugar que en otro, se contrae o se dilata. Todos los objetos del universo se desplazan a la misma velocidad en el espacio-tiempo: a la velocidad de la luz. El movimiento provoca una ralentización del tiempo: un reloj atómico que viaje en un avión va más lento que uno igual que se quede en tierra. Esta diferencia se debe a la velocidad del avión. El espacio y el tiempo son, por tanto, relativos: un primer observador, situado en el andén de una estación, ve pasar un tren y es consciente de su velocidad de desplazamiento. Un segundo observador, situado en un tren que avanza en paralelo al primer tren en línea recta, a la misma velocidad, tendrá la impresión de que no avanza, de que está inmóvil. Einstein concluye que la masa es energía dotada de una forma particular. Si se pone en movimiento, la masa aumenta tanto como su velocidad. Así, la energía es el resultado de la multiplicación de una masa por su velocidad al cuadrado, es decir, la célebre fórmula  $E = mc^2$ . Los descubrimientos de Einstein revolucionan la física, pero también la astronomía, pues ahora ya es posible dar una explicación científica al nacimiento del universo.

---

<sup>1</sup> Albert Einstein, «Zur Elektrodynamik bewegte Körper», en *Annalen der Physik*, vol. 17, 30 de junio de 1905, págs. 891-921.

## EL BIG BANG

Paradójicamente, para satisfacer las exigencias de su teoría de la relatividad general, enunciada en 1916, Einstein no adopta el modelo del universo en expansión que había imaginado, sino el del universo estacionario. En enero de 1933, mientras participa en una serie de seminarios en California con Georges Lemaître, Albert Einstein tiene la oportunidad de escucharle presentar su teoría del Big Bang. Entusiasmado, Einstein se levanta al final de la presentación para aplaudir mientras dice: «Es la más bella y satisfactoria explicación de la creación que he escuchado nunca». El astrofísico británico Fred Hoyle (1915-2001), el físico austríaco Thomas Gold (1920-2004) y el austro-británico Hermann Bondi (1919-2005) defienden este modelo cosmológico. En él, el universo se presenta como inmutable, infinito y eterno. Es idéntico a sí mismo en cualquier punto del espacio en un momento dado y puede sufrir modificaciones debidas a un fenómeno de creación continua de materia, producida por el campo C (de «creación»), pero únicamente para compensar su actual expansión, que disminuye su densidad de materia. Tal inmutabilidad excluye la posibilidad de un calentamiento, de una densidad creciente y de la explosión del Big Bang. Esta teoría, dominante hasta los años cincuenta, es hoy en día severamente criticada por la observación. El universo no es estacionario; nace de una gigantesca explosión hace 13.700 millones de años aproximadamente. No es eterno, no crea materia continuamente y desaparecerá dentro de 100.000 millones de años, según la teoría del Big Crunch. Fred Hoyle cuestiona el desplazamiento espectral de las galaxias hacia el rojo, lo que indica que se alejan cada vez más. Ese es el elemento fundamental de cualquier teoría de un universo en expansión. En 1929, el astrofísico estadounidense Edwin Powell Hubble (1889-1953), tras una serie de observaciones realizadas con ayuda de un telescopio gigante, constata el enrojecimiento del espectro de las galaxias. A medida que se acerca el espectro se vuelve más violeta; el enrojecimiento, en cambio, demuestra un alejamiento continuo. Formula entonces la ley que lleva su nombre, según la cual las galaxias se alejan unas de otras a una velocidad proporcional a su distancia. Dado que las galaxias se alejan, el universo no puede ser estacionario, por lo que debe de estar en expansión continua y no conoce límites. El canónigo belga Georges Lemaître (1894-1966), profesor de física y astrónomo en la Universidad Católica de Lovaina, es quien elabora el primer modelo de universo en expansión a partir de lo que él denomina «la hipótesis del átomo primigenio». Al contrario que Einstein,

que piensa que una «constante cosmológica» mantiene al universo estable, Lemaître, a partir de sus cálculos y, antes que Hubble y su observación del enrojecimiento del espectro de las estrellas, afirma que las galaxias se alejan de nosotros y que el universo se encuentra en expansión. Su trabajo aparece en un artículo de los *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, en 1927<sup>2</sup>, pero pasa desapercibido. Einstein estima que sus cálculos son correctos, pero que su concepción de la física es abominable. Todo cambia cuando Hubble confirma el contenido del artículo en su ley de 1929. La Real Sociedad Astronómica publica por su parte una traducción en sus *Monthly Notices* en marzo de 1931. Según Lemaître, el universo nace de un solo átomo, «el día sin ayer», que, al explotar hace 13.700 millones de años, libera una temperatura de varios miles de millones de grados. La expresión «el día sin ayer» revela que, antes del Big Bang, la explosión creadora, el tiempo no existe y las cuatro fuerzas fundamentales (gravitacional, electromagnética, nuclear débil y nuclear fuerte) están todavía indefinidas; es el «tiempo de Planck», por el nombre del físico alemán Max Planck (1858-1947), autor de esta teoría sobre lo anterior al Big Bang. La teoría del Big Bang permite datar la aparición de un tiempo en función de sus fases. En efecto, el propio Big Bang se produce a  $10^{-43}$  s., y le siguen varias etapas: a  $10^{-35}$  s. aparece la materia; a  $10^{-33}$  s. baja la temperatura; a  $10^{-4}$  s. se forman los protones y los neutrones. Después, el tiempo se acelera, a más de 3 minutos, un cuarto de los protones y de los neutrones se combinan en un núcleo de helio; a más de 2.000 millones de años se forman las galaxias. La expresión «Big Bang» proviene de un ferviente adversario, Fred Hoyle. El columnista científico de la BBC se burla, en un informe de 1950 titulado «The Nature of Things» («La naturaleza de las cosas»), de la teoría de Lemaître, atribuyéndole la expresión «Big Bang» (el «gran *bang*»), una onomatopeya para reflejar el poco crédito que merece. Sin embargo, este apodo irónico no tarda en popularizarse y pasa a designar de manera familiar la tesis del universo en expansión. Desde principios del siglo XXI, dicha tesis facilita el acuerdo de la comunidad científica en torno a un modelo estándar de la cosmología. Inspirado en el modelo estándar de la física de las partículas, permite describir detalladamente el universo, aunque sin poder dar respuesta al enigma de sus componentes principales.

---

<sup>2</sup> Georges Lemaître, «Un universo homogéneo de masa constante y de radio creciente que da cuenta de la velocidad radial de las nebulosas extragalácticas», *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, vol. 47, abril de 1927.

En 1988, el profesor británico Stephen Hawking (nacido en 1942) publica en Estados Unidos su *Breve historia del tiempo: del Big Bang a los agujeros negros*, donde explica el Big Bang a la luz de sus aportaciones personales como investigador, y lo prolonga mediante el análisis de la teoría de las cuerdas. Matemático, físico y profesor en la Universidad de Cambridge, Stephen Hawking afina el campo de estudio de la cosmología. Presenta un universo surgido del Big Bang que da lugar al espacio y al tiempo, destinado a acabar en agujeros negros. Los agujeros negros son objetos masivos cuyo campo gravitacional es tan intenso que ningún tipo de materia puede escapar a él. Hawking demuestra, contrariamente a la doctrina común, que emiten una radiación, bautizada como «radiación de Hawking», que termina con su desintegración en un destello de energía pura.

### ¿DE QUÉ ESTÁ HECHO EL UNIVERSO?

- *Un 5 % aproximadamente de materia bariónica*, o materia ordinaria, protones, neutrones; del griego *barys*, «pesado», los bariones son en general más pesados que los demás tipos de partículas. Forman los átomos y las moléculas, todo lo que puede observarse en el universo (estrellas y galaxias).
- *El fondo difuso cosmológico*, radiación electromagnética fósil que data del Big Bang, época de intenso calor, y que se enfría después. La longitud de onda de esta radiación es la de las microondas.
- *El fondo cosmológico de neutrinos*, partículas elementales, es el fondo que recoge el conjunto de neutrinos producidos durante el Big Bang. Su existencia es cierta, pero continúan siendo indetectables debido a la ausencia de un instrumento capaz de medir su energía individual, ínfima.
- *Un 25 % de materia oscura*, materia aparentemente indetectable, no bariónica.
- *Un 70 % de energía oscura*, cuya naturaleza todavía hoy se desconoce en los laboratorios, pero que está dotada de una presión negativa que hace que actúe como fuerza gravitacional repulsiva. A veces es representada como un conjunto de partículas desconocidas, aunque más frecuentemente se asocia a la energía del vacío cuántico. Una energía oscura, uniforme, constante en todo el universo, invariable en función del tiempo, compatible con la hipótesis de Albert Einstein de una constante cosmológica.

Hawking enuncia la hipótesis de que el Big Bang habría venido acompañado de la dispersión por el universo de agujeros negros cuyo tamaño variaría desde un protón hasta varios millones de veces el tamaño del Sol. El universo, sin fronteras, nace en un «tiempo imaginario», proposición que reconcilia la relatividad general y la física cuántica, pues el universo no tiene ni principio ni fin, ni límites.

Esta audaz hipótesis del tiempo imaginario abre paso a nuevas investigaciones acerca del fin del universo. Tradicionalmente, existen dos visiones opuestas. La primera es la de un universo cerrado, limitado, que alcanzará su expansión máxima dentro de unos 50.000 millones de años, tras lo cual sus propios límites darán lugar a la inversión del movimiento. El universo se contraerá, las galaxias se aproximarán pasando del rojo al azul. El desprendimiento de calor producido será tan extremo que la masa entera del universo se fusionará, se hundirá sobre sí misma. Es la teoría del Big Crunch. Si bien esta teoría está basada en la contracción del espacio, otra hipótesis inversa prevé un estiramiento del universo tan grande que creará una brecha provocada por el aumento de densidad de la materia, una dilatación del espacio que desgarraría la materia, un derrumbamiento sobre sí misma, la absorción del universo: el Big Rip. En ambos casos, nada impide el nacimiento de otro universo, aunque se desconoce también su forma. Según la segunda hipótesis, el universo está abierto y se compone de galaxias formadas por estrellas y gas; dentro de un billón de años este gas habrá sido totalmente consumido por las estrellas y estas desaparecerán con los planetas, absorbidos por un gigantesco agujero negro que, a su vez, explotará.

### LA TEORÍA DE LAS CUERDAS

La teoría de las cuerdas plantea el problema de la cantidad de dimensiones que hay en el universo. En 1919, el matemático polaco Theodor Kaluza (1885-1954) intenta conciliar los dos grandes descubrimientos sobre la interacción de los cuerpos en física —el electromagnetismo de James Clerk Maxwell (1831-1879) y la relatividad de Albert Einstein (1879-1955)— imaginando una quinta dimensión. El físico sueco Oskar Klein (1894-1977) explica por qué esta dimensión escapa a nuestra percepción en 1926: está enrollada sobre sí misma como una hoja de papel con forma cilíndrica, pero el radio del cilindro es demasiado pequeño para que podamos medir su diámetro. Como un hilo en tensión, del que solo podemos ver su longitud. En la década de 1930, Erwin Schrödinger

(1887-1961), físico austríaco ganador del premio Nobel de 1933, y Werner Heisenberg (1901-1976), físico alemán ganador del premio Nobel en 1932, fundan la mecánica cuántica. Esta teoría arroja luz sobre la existencia, a escala infinitamente pequeña, de una interacción entre partículas de materia mediante un intercambio de pequeños paquetes de energía llamados «quanta». Más tarde, en 1968, el físico italiano Gabriele Veneziano (nacido en 1942) desarrolla la teoría de las cuerdas: el universo no es un conjunto de partículas similares a puntos, sino que está formado por cuerdas, hilos infinitamente pequeños de tan solo una dimensión. Esta hipótesis reconcilia la relatividad general de Einstein y sus cuatro fuerzas fundamentales (gravitación, electromagnetismo, interacción débil e interacción fuerte) con lo infinitamente pequeño de la mecánica cuántica. No obstante, la teoría de las cuerdas, a pesar del trabajo científico de varios países, es dejada de lado hasta las publicaciones del matemático y físico estadounidense Edward Witten (nacido en 1951), que versan sobre las «supercuerdas», unas cuerdas minúsculas y simétricas cuyas únicas partículas y fuerzas fundamentales son las vibraciones. El fruto de sus investigaciones, llamado Teoría M, reúne todas las teorías anteriores sobre las supercuerdas. Según Witten, el universo comprende once dimensiones, o diez dimensiones más el tiempo. A la dimensión temporal (antes/después) se suman tres dimensiones espaciales (vertical, horizontal y profundidad); las siete restantes no podemos percibir las, pues están enrolladas sobre sí mismas en una distancia tan pequeña que resultan imposibles de observar.