

IMÁGENES DEL UNIVERSO RECIÉN NACIDO

El poeta sólo pide meter la cabeza en el cielo. Es el lógico el que intenta meter el cielo en su cabeza. Y es su cabeza la que se parte.

G. K. Chesterton

Cuando era pequeño, tenía un conflicto personal con mis creencias. Mis padres habían sido educados según la tradición budista, pero yo asistía todas las semanas a la escuela dominical y me encantaban las historias bíblicas que me contaban sobre ballenas, arcas, estatuas de sal, costillas y manzanas. Me fascinaban aquellas parábolas del Antiguo Testamento, que eran lo que más me gustaba de la escuela dominical. Me parecía que las parábolas sobre grandes inundaciones, zarzas ardientes y separación de aguas eran mucho más emocionantes que los cantos y la meditación budista. En realidad, aquellas historias antiguas de heroísmo y tragedia ilustraban vívidamente profundas lecciones morales y éticas que he tenido presentes toda la vida.

Un día, en la escuela dominical, estudiamos el Génesis. Leer que Dios bramó desde los cielos «Hágase la luz» sonaba mucho más dramático que meditar en silencio sobre el Nirvana. Por pura curiosidad, pregunté: «¿Dios tenía madre?». La profesora solía responder con agilidad y siempre ofrecía en sus respuestas una profunda lección moral. Sin embargo, esta vez se quedó desconcertada. No, respondió dubitativa, seguramente Dios no tenía madre. «Pero entonces, ¿de dónde vino?», pregunté yo. Me contestó murmurando que tendría que consultar la cuestión con el sacerdote.

No me di cuenta de que accidentalmente había tropezado con una de las grandes preguntas de la teología. Estaba confundido, porque en el budismo no hay Dios en absoluto, sino un universo intemporal sin principio ni final. Más tarde, cuando empecé a estudiar las grandes mitologías del mundo, aprendí que había dos tipos de cosmologías en la religión: la primera basada en un momento único en el que Dios creó el universo y la segunda basada en la idea de que el universo siempre existió y siempre existirá.

Pensé que las dos no podían ser ciertas.

Más adelante, empecé a descubrir que estos temas comunes aparecían en muchas culturas. En la mitología china, por ejemplo, en el principio había el huevo cósmico. El dios niño P'an Ku residió durante casi una eternidad dentro del huevo, que flotaba en un mar informe de caos. Cuando por fin salió del cascarón, P'an Ku se puso a crecer desafortadamente, más de tres metros por día, hasta que la mitad superior del cascarón se convirtió en el cielo y la inferior en la tierra. Después de 18.000 años, murió para que naciera nuestro mundo: su sangre se convirtió en los ríos, sus ojos en el Sol y la Luna, y su voz en el trueno.

En muchos aspectos, el mito de P'an Ku refleja un tema que se encuentra en muchas religiones y mitologías antiguas, y es que el universo inició su existencia con una *creatio ex nihilo* (creación a partir de la nada). En la mitología griega, el universo empezó en un estado de caos (en realidad, la palabra «caos» viene de la palabra griega que significa «abismo»). Este vacío sin características precisas se describe a menudo como un océano, por ejemplo en la mitología babilónica y japonesa. El tema se encuentra en la mitología egipcia antigua, donde Ra, el dios del sol, surgió de un huevo flotante. En la mitología polinesia, el huevo cósmico es reemplazado por una cáscara de coco. Los mayas creían en una variación de esta historia según la cual el universo nace pero muere después de cinco mil años, sólo para volver a resucitar una y otra vez y repetir el interminable ciclo de nacimiento y destrucción.

Estos mitos de *creatio ex nihilo* ofrecen un claro contraste con la cosmología según el budismo y determinadas formas de hinduismo. En esas mitologías, el universo es intemporal, sin

principio ni fin. Hay muchos niveles de existencia, pero el más alto es el Nirvana, que es eterno y puede alcanzarse sólo a través de la meditación más pura. En el *Mahapurana* hindú, está escrito: «Si Dios creó el mundo, ¿dónde estaba Él antes de la Creación? [...] Has de saber que el mundo no fue creado, como el propio tiempo, que no tiene principio ni final».

Estas mitologías están en clara contradicción unas con otras, sin posibilidades de solución entre ellas. Son mutuamente exclusivas: o el universo tuvo un principio o no lo tuvo. Según parece, no hay término medio.

Sin embargo, hoy en día parece estar surgiendo una solución en una dirección totalmente nueva –el mundo de la ciencia–, como resultado de una nueva generación de poderosos instrumentos científicos que vuelan por el espacio exterior. La antigua mitología se basaba en la sabiduría de los narradores de historias para exponer los orígenes del mundo. Hoy en día, los científicos sueltan una batería de satélites espaciales, láseres, detectores de ondas de gravedad, interferómetros, superordenadores de alta velocidad e Internet, y en el proceso revolucionan nuestra comprensión del universo y nos brindan la descripción más convincente hasta el momento de su creación.

Lo que va surgiendo gradualmente de los datos es una gran síntesis de esas dos mitologías opuestas. Quizás, especulan los científicos, el Génesis ocurre repetidamente en un océano intemporal de Nirvana. En esta nueva imagen, nuestro universo puede compararse a una burbuja que flota en un «océano» mucho mayor con nuevas burbujas formándose todo el tiempo. Según esta teoría, los universos, como burbujas que se forman en el agua hirviendo, están en creación continua y flotan en una zona mucho mayor, el Nirvana del hiperespacio de once dimensiones. Un número cada vez mayor de físicos sugiere que nuestro universo surgió realmente de un cataclismo abrasador, el big bang, pero que también coexiste en un océano eterno de otros universos. Si tenemos razón, se están produciendo big bangs incluso ahora, mientras el lector lee esta frase.

Físicos y astrónomos de todo el mundo especulan ahora sobre cómo pueden ser estos mundos paralelos, qué leyes

pueden obedecer, cómo nacen y cómo mueren finalmente. Quizás estos mundos paralelos sean estériles y carezcan de los ingredientes básicos de la vida. O quizá tengan el mismo aspecto que nuestro universo, separados por un único acontecimiento cuántico que hace que difieran del nuestro. Y algunos físicos especulan que quizás un día, si la vida se vuelve insostenible cuando nuestro universo presente envejezca y se enfríe, podamos vernos obligados a abandonarlo y huir a otro universo.

El motor que guía estas nuevas teorías es el flujo masivo de datos que nos llegan de los satélites espaciales que fotografían restos de la propia creación. Es de destacar que los científicos se centran ahora en lo que ocurrió sólo 380.000 años después del big bang, cuando la «luminiscencia» de la creación llenó por primera vez el universo. Quizá la imagen más convincente de esta radiación de la creación procede de un nuevo instrumento llamado «satélite WMAP».

El satélite WMAP

«¡Increíble!» y «¡Un hito!» eran las expresiones que emitían en febrero de 2003 unos astrofísicos, que normalmente son personas reservadas, para describir los valiosos datos cosechados por su último satélite. El WMAP (Sonda Anisotrópica de Microondas Wilkinson), que toma su nombre del pionero de la cosmología David Wilkinson y fue lanzado en 2001, ha dado a los científicos una imagen detallada, con una precisión sin precedentes, del universo cuando tenía sólo 380.000 años de edad. La colosal energía derramada por la bola de fuego original que dio nacimiento a las estrellas y galaxias ha estado circulando por nuestro universo durante miles de millones de años. Por fin, actualmente ha sido captada en película con detalles exquisitos por el satélite WMAP, que nos ofrece un mapa nunca visto antes, una foto del cielo que muestra con asombrosa minuciosidad la radiación de microondas creada por el propio big bang, lo que la revista *Time* ha llamado el «eco de la creación». Los astrónomos no volverán a mirar nunca más el cielo de la misma manera.

Los descubrimientos del satélite WMAP representan «para la cosmología un rito de paso de una ciencia de la especulación a una ciencia de la precisión», declaró John Bahcall, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Por primera vez, este diluvio de datos del primer periodo de la historia del universo ha permitido a los cosmólogos responder de forma precisa a la más antigua de todas las preguntas que han confundido e intrigado a los humanos desde que contemplaron por primera vez la resplandeciente belleza celestial del cielo nocturno. ¿Qué edad tiene el universo? ¿De qué está hecho? ¿Cuál es el destino del universo?

(En 1992, un satélite anterior, el COBE [Explorador del Fondo Cósmico] nos dio las primeras imágenes borrosas de esta radiación de fondo que llena el cielo. Aunque se trataba de un resultado revolucionario, no dejaba de ser decepcionante porque daba una imagen desenfocada del universo primigenio, lo que no impidió que la prensa, emocionada, titulara la fotografía como «la cara de Dios». Sin embargo, una descripción más precisa de las imágenes borrosas del COBE sería que representaban una «imagen de recién nacido» del universo en su infancia. Si hoy en día el universo es un hombre de ochenta años, las imágenes del COBE, y más tarde las del WMAP, lo mostraban como un recién nacido, con menos de un día de edad.)

La razón por la que el satélite WMAP puede darnos unas imágenes sin precedentes del universo en su infancia es que el cielo nocturno es como una máquina del tiempo. Como la luz viaja a una velocidad finita, las estrellas que vemos por la noche se ven como fueron en el pasado, no como son hoy. La luz de la Luna tarda poco más de un segundo en llegar a la Tierra, por lo que, cuando miramos a la Luna, la vemos en realidad tal como era un segundo antes. La luz del Sol tarda unos ocho minutos en llegar a la Tierra. Del mismo modo, muchas de las estrellas conocidas que vemos en el cielo están tan lejos que su luz tarda de 10 a 100 años en llegar a nuestros ojos. (Dicho de otro modo, están de 10 a 100 años luz de la Tierra. Un año luz equivale a la distancia que la luz recorre en un año, aproximadamente 10 billones de kilómetros.) La luz de las galaxias lejanas puede estar de cientos a miles de millo-

nes de años luz. Como resultado, representan una luz «fósil», parte de ella emitida incluso antes de la aparición de los dinosaurios. Algunos de los objetos más lejanos que podemos ver con nuestros telescopios se llaman quásares, grandes máquinas galácticas que generan cantidades increíbles de energía cerca del borde del universo visible, que pueden estar a una distancia de 12 a 13.000 millones de años luz de la Tierra. Y, ahora, el satélite WMAP ha detectado una radiación emitida incluso antes, la de la bola de fuego original que creó el universo.

Para describir el universo, los cosmólogos utilizan a veces el ejemplo de mirar hacia abajo desde lo alto del Empire State Building, que se eleva más de cien pisos sobre Manhattan. Cuando se mira hacia abajo desde lo alto, apenas puede verse la calle. Si la base del Empire State Building representa el big bang, entonces, mirando desde arriba, las galaxias lejanas estarían en la décima planta. Los quásares distantes vistos desde los telescopios de la Tierra estarían en la séptima planta. El fondo cósmico medido por el satélite WMAP estaría apenas una pulgada por encima de la calle. Y ahora el satélite WMAP nos ha dado la medición precisa de la edad del universo con una asombrosa exactitud del 1%: 13.700 millones de años.

La misión del WMAP es la culminación de más de una década de trabajo de los astrofísicos. El concepto del satélite WMAP se propuso a la NASA por primera vez en 1995 y fue aprobado dos años después. El 20 de junio de 2001, la NASA envió el satélite WMAP, a bordo de un cohete espacial Delta II, a una órbita solar entre la Tierra y el Sol. El destino, cuidadosamente elegido, era el punto 2 de Lagrange (o L2, un punto especial de estabilidad relativa cerca de la Tierra). Desde esta posición estratégica, el Satélite siempre apunta lejos del Sol, la Tierra y la Luna y, por tanto, tiene una visión totalmente despejada del universo. Explora totalmente todo el firmamento cada seis meses.

Su instrumentación es de tecnología punta. Con sus potentes sensores, puede detectar la débil radiación de microondas dejada por el big bang y que baña el universo, si bien es absorbida en gran parte por nuestra atmósfera. El satélite, compuesto de aluminio, mide 3,8 por 5 metros y pesa 840 kg.

Tiene dos telescopios opuestos que enfocan la radiación de microondas presente en el cielo circundante y, cada cierto tiempo, transmite por radio los datos a la Tierra. Tiene sólo 419 vatios de potencia eléctrica (la potencia de cinco bombillas ordinarias). Situado a 1,6 millones de kilómetros de la Tierra, el satélite WMAP está muy por encima de las perturbaciones atmosféricas de la Tierra, que pueden enmascarar el tenue fondo de microondas, y está en condiciones de hacer lecturas continuas de todo el firmamento.

El satélite completó su primera observación de todo el cielo en abril de 2002. Seis meses después, se hizo la segunda observación completa del cielo. Hoy, el satélite WMAP nos ha proporcionado el mapa más completo y detallado de esta radiación que hemos tenido nunca. La radiación de fondo de microondas que detectó el WMAP fue predicha por primera vez por George Gamow y su grupo de investigación en 1948, que también señalaron que esta radiación era térmica. El WMAP midió su temperatura, que está un poco por encima del cero absoluto, entre $2,7249$ y $2,7251^\circ$ Kelvin.

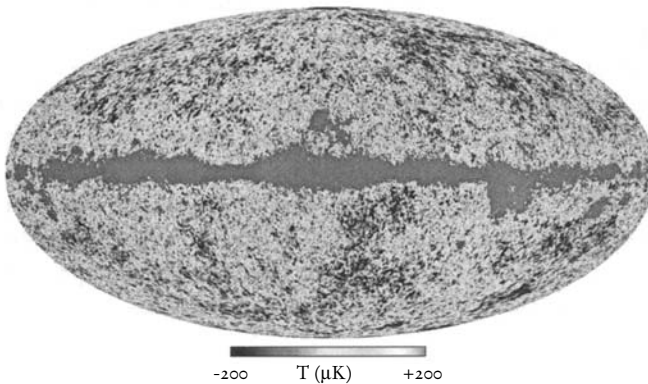


Imagen tomada por el satélite WMAP del universo «recién nacido», tal como era cuando tenía sólo 380.000 años de edad. Seguramente cada punto representa una pequeña fluctuación cuántica en la luminiscencia de la creación que se ha expandido para crear las galaxias y los grupos galácticos que vemos hoy.

A simple vista, el mapa del cielo del WMAP parece poco interesante; no es más que una colección de puntos aleatorios. Sin embargo, esta colección de puntos ha hecho derramar lágrimas a algunos astrónomos porque representan fluctuaciones o irregularidades en el abrasador cataclismo original del big bang poco después de que fuera creado el universo. Estas pequeñas fluctuaciones son como «semillas» que desde entonces se han expandido enormemente al explotar hacia fuera el propio universo. En la actualidad, estas pequeñas semillas han florecido en los grupos galácticos y galaxias que vemos encenderse en los cielos. En otras palabras, nuestra propia galaxia de la Vía Láctea y todos los grupos galácticos que vemos a nuestro alrededor fueron una de estas pequeñas fluctuaciones. Midiendo la distribución de dichas fluctuaciones, vemos el origen de los grupos galácticos como puntos marcados en el tapiz cósmico que cuelga sobre el cielo nocturno.

Hoy en día, el volumen de datos astronómicos deja atrás las teorías de los científicos. En realidad, yo diría que estamos entrando en una edad de oro de la cosmología. (A pesar de ser tan impresionante, es muy probable que el satélite WMAP se vea empujado por el satélite Planck, que los europeos tienen previsto lanzar en julio de 2008; el Planck brindará a los astrónomos imágenes todavía más detalladas de la radiación de fondo de microondas.) Por fin la cosmología llega a la mayoría de edad y, después de languidecer durante años en una ciénaga de especulación y conjeturas, emerge de las sombras de la ciencia. Históricamente, los cosmólogos han sido víctimas de una reputación un tanto desagradable. La pasión con la que proponían grandiosas teorías del universo sólo era comparable a la asombrosa pobreza de sus datos. Como solía bromear el premio Nobel Lev Landau: «Los cosmólogos se equivocan a menudo pero nunca dudan». La ciencia tiene un viejo dicho: «Hay especulación, después más especulación, y después está la cosmología».

Como estudiante de último curso de Física en Harvard a finales de 1960, acaricié brevemente la posibilidad de estudiar cosmología. Desde la infancia me fascinaba el origen del universo. Sin embargo, una rápida mirada a la especialidad me dejó claro que era de un primitivismo embarazoso. No se tra-

taba en absoluto de una ciencia experimental, en la que uno puede comprobar hipótesis con instrumentos precisos, sino más bien de una colección de teorías sueltas altamente especulativas. Los cosmólogos entablaban acalorados debates sobre si el universo nació a consecuencia de una explosión cósmica o si siempre ha existido en estado constante. Pero, con tan pocos datos, las teorías rápidamente dejaban atrás los datos. En realidad, cuantos menos datos, más feroz era el debate.

A lo largo de la historia de la cosmología, esta escasez de datos fiables fue motivo de amargas enemistades entre astrónomos, que a menudo duraban décadas. (Por ejemplo, justo antes de que el astrónomo Allan Sandage del Observatorio de Mount Wilson, tuviera previsto ofrecer una conferencia sobre la edad del universo, el orador anterior anunció sarcásticamente: «Lo que oirán a continuación es una sarta de errores». Y Sandage, sabedor de que un grupo rival había generado mucha publicidad, gritó: «Todo eso son sandeces. ¡Es la guerra... es la guerra!»).

La edad del universo

Los astrónomos han tenido un interés especial por conocer la edad del universo. Durante siglos, académicos, sacerdotes y teólogos han intentado estimar la edad del universo utilizando el único método que tenían a su disposición: la genealogía de la humanidad desde Adán y Eva. En el último siglo, los geólogos han utilizado la radiación residual depositada en las rocas para conseguir la mejor estimación de la edad de la Tierra. En comparación, el satélite WMAP ha medido hoy el eco del propio big bang para proporcionarnos la edad más fidedigna del universo. Los datos del WMAP revelan que el universo tuvo su inicio en una explosión cósmica que se produjo hace 13.700 millones de años.

(A lo largo de los años, uno de los hechos más embarazosos que asediaban a la cosmología era que a menudo, debido a datos incorrectos, el cálculo revelaba que la edad del universo era inferior a la de los planetas y las estrellas. Las estimaciones previas de la edad del universo eran de sólo 1.000 a 2.000 mi-

llones de años, lo que contradecía la edad de la Tierra [4.500 millones de años] y de las estrellas más viejas [12.000 millones de años]. Estas contradicciones han sido superadas.)

El WMAP ha añadido un nuevo y extraño giro al debate sobre la composición del universo, una cuestión que ya se plantearon los griegos hace dos mil años. Durante el siglo pasado, los científicos creían conocer la respuesta a esta pregunta. Después de miles de experimentos concienzudos, habían llegado a la conclusión de que el universo estaba hecho básicamente de cien tipos diferentes de átomos, dispuestos en un gráfico periódico ordenado que empezaba por el hidrógeno elemental. Esto forma la base de la química moderna y es, en realidad, lo que se enseña en la clase de ciencia de todos los institutos. El WMAP ha destruido esta creencia.

El satélite WMAP, confirmando experimentos previos, demostró que la materia visible de nuestro alrededor (incluyendo las montañas, los planetas, las estrellas y las galaxias) constituye un mísero 4% del contenido de materia y energía del universo. (De este 4%, la mayor parte se encuentra en forma de hidrógeno y helio, y probablemente sólo el 0,03% adopta la forma de elementos pesados.) La mayor parte del universo está constituida, en realidad, por un material misterioso e invisible, de origen totalmente desconocido. Los elementos familiares que forman nuestro mundo constituyen sólo el 0,03% del universo. En cierto sentido, ahora que los físicos se enfrentan al hecho de que el universo está dominado por formas totalmente nuevas y desconocidas de materia y energía, la ciencia está retrocediendo varios siglos para situarse antes de la aparición de la hipótesis atómica.

Según el WMAP, el 23% del universo está constituido por una sustancia extraña e indeterminada llamada «materia oscura», que tiene peso, rodea las galaxias con un halo gigantesco, pero es totalmente invisible. La materia oscura es tan dominante y abundante que, en nuestra galaxia de la Vía Láctea, supera a todas las estrellas por un factor de 10. Aunque es invisible, esta extraña materia oscura puede ser observada indirectamente por los científicos porque refracta la luz de las estrellas, como el vidrio, y de ese modo puede ser localizada por la cantidad de distorsión óptica que genera.

Refiriéndose a los extraños resultados obtenidos por el satélite WMAP, John Bahcall, astrónomo de Princeton, dijo: «Vivimos en un universo inverosímil y loco, pero ya conocemos las características que lo definen».

Pero quizá la mayor sorpresa de los datos del WMAP, los cuales hicieron tambalearse a la comunidad científica, fue que el 73% del universo, la mayor parte con diferencia, está constituido por una forma totalmente desconocida de energía llamada «energía oscura» que es la energía invisible oculta en el vacío del espacio. Concebida por el propio Einstein en 1917 y descartada más adelante por el mismo (la calificó como su «mayor disparate»), la energía oscura, o la energía de la nada o del espacio vacío, está resurgiendo como la fuerza motora de todo el universo. Ahora se cree que la energía oscura crea un nuevo campo de antigravedad que separa a las galaxias. El destino final del universo estará determinado por la energía oscura.

En la actualidad nadie sabe de dónde procede esta «energía de la nada». «Francamente, no lo entendemos. Sabemos cuáles son sus efectos [pero] no tenemos clave alguna [...] nadie la tiene», admite Craig Hogan, astrónomo de la Universidad de Washington, en Seattle.

Si tomamos la última teoría de las partículas subatómicas e intentamos calcular el valor de esta energía oscura, encontramos una discrepancia de una magnitud de 10^{120} (es decir, un 1 seguido de 120 ceros). Esta discrepancia entre teoría y experimento es, sin lugar a dudas, el mayor abismo jamás encontrado en la historia de la ciencia. Es una de las cosas que más nos avergüenza: nuestra mejor teoría no puede calcular el valor de la mayor fuente de energía de todo el universo. Desde luego, hay un estante lleno de premios nobel a la espera de que algún individuo emprendedor pueda desentrañar el misterio de la materia oscura y de la energía oscura.

Inflación

Los astrónomos todavía intentan desenmarañar la avalancha de datos del WMAP, que, al tiempo que erradica concepciones más antiguas del universo, va dando lugar a una nueva

imagen del cosmos. «Hemos puesto la piedra angular de una teoría coherente unificada del cosmos», declara Charles L. Bennett, director de un equipo internacional que colaboró en la construcción y análisis del satélite WMAP. Hasta ahora, la teoría principal era la «teoría inflacionaria del universo», un gran refinamiento de la teoría del big bang, propuesta por primera vez por el físico Alan Guth, del MIT. En el panorama inflacionario, en la primera billonésima de una billonésima de segundo, una misteriosa fuerza antigravitatoria hizo que el universo se expandiera con más rapidez de lo que se pensaba en un principio. El periodo inflacionario fue inimaginablemente explosivo y el universo se expandió con mucha más rapidez que la velocidad de la luz. (Eso no viola el principio de Einstein de que nada puede viajar más rápido que la luz, porque es el espacio vacío el que se expande. Los objetos materiales no pueden romper la barrera de la luz.) En una fracción de segundo, el universo se expandió por un factor inimaginable de 10^{30} .

Para visualizar la potencia de este periodo inflacionario, imaginemos un globo que se infla rápidamente, con las galaxias pintadas en la superficie. El universo que vemos poblado de estrellas y galaxias se encuentra en la superficie de este globo, más que en su interior. Ahora dibujemos un círculo microscópico en la superficie del globo. Este pequeño círculo representa el universo visible, todo lo que podemos ver con nuestros telescopios. (En comparación, si todo el universo visible fuera tan pequeño como una partícula subatómica, el universo real sería mucho más grande que el universo visible que vemos a nuestro alrededor.) Dicho de otro modo, la expansión inflacionaria fue tan intensa que hay regiones enteras del universo más allá de nuestro universo visible que siempre estarán fuera de nuestro alcance.

En realidad, la inflación fue tan enorme que cerca de nosotros el globo parece plano, un hecho que ha sido verificado experimentalmente por el satélite WMAP. Del mismo modo que la Tierra nos parece plana debido a nuestra pequeñez comparados con el radio de la Tierra, el universo parece plano sólo porque está curvado a una escala mucho más grande. Partiendo de la base de que el universo se vio sometido a este

proceso de inflación, casi podemos explicar sin esfuerzo muchos de los enigmas del universo, como por qué parece ser plano y uniforme. Hablando de la teoría de la inflación, el físico Joel Primack ha dicho: «Ninguna teoría tan bella como ésta ha sido nunca errónea».

El multiverso

El universo inflacionario, aunque coherente con los datos del satélite WMAP, no responde todavía a la pregunta de qué causó la inflación. ¿Qué puso en marcha esta fuerza antigravitatoria que infló el universo? Hay más de cincuenta propuestas para explicar qué puso en marcha la inflación y qué fue lo que le puso fin, creando el universo que vemos a nuestro alrededor. Pero no hay un consenso universal. La mayoría de los físicos coinciden en la idea central de un rápido periodo inflacionario, pero no hay propuestas definitivas sobre cuál es el motor de la inflación.

Como nadie sabe exactamente cómo empezó la inflación, siempre existe la posibilidad de que pueda producirse otra vez el mismo mecanismo, que las explosiones inflacionarias puedan ocurrir repetidamente. Ésta es la idea que propone el físico ruso Andrei Linde, de la Universidad de Stanford: fuera cual fuese el mecanismo que hizo que parte del universo se inflara súbitamente, sigue en funcionamiento, causando quizás aleatoriamente que también se inflen otras regiones distantes del universo.

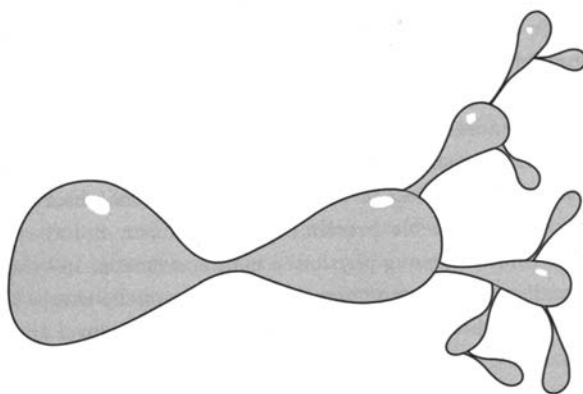
Según esta teoría, un pequeño pedazo de universo puede inflarse súbitamente y «echar brotes», haciendo que surja un universo «hijo» o «bebé», que a su vez puede hacer que brote otro universo recién nacido, y así sucesivamente. Imaginemos que soplamos burbujas de jabón en el aire. Si soplamos con la fuerza suficiente, vemos que algunas de las burbujas se parten por la mitad y generan nuevas burbujas. Del mismo modo, los universos pueden estar dando a luz continuamente nuevos universos. En este panorama, pueden estar ocurriendo big bangs continuamente. Si es así, puede ser que vivamos en un mar de universos, en una especie de burbuja flotando en un océano

de otras burbujas. En realidad, una palabra mejor que «universo» sería «multiverso» o «megaverso».

Linde da a esta teoría el nombre de inflación eterna auto-reproducida o «inflación caótica», porque prevé un proceso interminable de inflación continua de universos paralelos. «La inflación viene a imponernos la idea de múltiples universos», declara Alan Guth, que fue el primero que propuso la teoría de la inflación.

Esta teoría también implica que, en algún momento, nuestro universo puede generar su propio universo. Quizá nuestro propio universo tuvo su principio al surgir de un universo anterior más antiguo.

Como dijo el astrónomo real de Gran Bretaña, Sir Martin Rees: «Lo que se llama convencionalmente “el universo” podría ser sólo un elemento de un conjunto. Pueden existir otras formas incontables donde las leyes sean diferentes. El universo del que hemos emergido pertenece al subconjunto inusual que permite que se desarrolle la complejidad y la conciencia».



Cada vez hay más pruebas teóricas para sostener la existencia de un multiverso del que siguen brotando o saliendo otros universos como retoños. Si es así, se unificarían dos de las grandes mitologías religiosas, el Génesis y el Nirvana. El Génesis tendría lugar continuamente dentro de la estructura del Nirvana intemporal.

Toda esta actividad de investigación sobre el tema del multiverso ha dado pie a especular sobre qué aspecto pueden tener esos otros universos, si albergan vida e incluso si es posible llegar a establecer contacto con ellos. Científicos de Cal Tech, MIT, Princeton, y otros centros de conocimiento han realizado cálculos para determinar si la presentación de un universo paralelo es coherente con las leyes de la física.

La teoría M y la undécima dimensión

En otros tiempos, la simple idea de universos paralelos era vista con sospecha por parte de los científicos, que la consideraban propia de místicos, charlatanes y chiflados. Cualquier científico que se atreviese a trabajar sobre universos paralelos se exponía al ridículo y ponía en riesgo su carrera, ya que ni siquiera hoy hay ninguna prueba experimental que demuestre su existencia.

Pero recientemente se ha producido un cambio espectacular y las mejores mentes del planeta trabajan frenéticamente sobre el tema. La razón de este cambio súbito es la aparición de una nueva teoría, la teoría de cuerdas, y su versión posterior, la teoría M, que prometen no sólo desentrañar la naturaleza del multiverso, sino también permitirnos «leer la Mente de Dios», como dijo Einstein con elocuencia en una ocasión. Si se demostrase que es correcta, representaría el logro supremo de los últimos dos mil años de investigación en física, desde que los griegos empezaron la búsqueda de una única teoría coherente y comprensiva del universo.

El número de trabajos publicados sobre la teoría de cuerdas y la teoría M es extraordinario y alcanza las decenas de miles. Se han celebrado cientos de conferencias internacionales sobre el tema. En todas las universidades importantes del mundo hay algún grupo que trabaja sobre la teoría de cuerdas o que intenta aprenderla desesperadamente. Aunque la teoría no puede probarse con los débiles instrumentos que tenemos hoy en día, ha despertado un interés enorme entre físicos, matemáticos e incluso experimentalistas, que en el futuro esperan demostrar la periferia de la teoría mediante poderosos

detectores de ondas gravitatorias en el espacio exterior y grandes colisionadores de átomos.

A la larga, esta teoría puede responder a la pregunta que ha perseguido a los cosmólogos desde que se propuso por primera vez la teoría del big bang: ¿qué pasó antes del big bang?

Esto nos exige movilizar toda la fuerza de nuestro conocimiento físico, de todos los descubrimientos de la física acumulados a lo largo de los siglos. Dicho de otro modo, necesitamos una «teoría del todo», una teoría de todas las fuerzas físicas que mueven el universo. Einstein pasó los últimos treinta años de su vida buscando esta teoría, pero no lo consiguió.

En el presente, la principal (y única) teoría que puede explicar la diversidad de las fuerzas que guían el universo es la teoría de la cuerdas o, en su última encarnación, la teoría M. (M quiere decir «membrana», pero también puede querer decir «misterio», «magia» e, incluso, «madre». Aunque la teoría de cuerdas y la teoría M son esencialmente idénticas, la teoría M es un marco más misterioso y sofisticado que unifica varias teorías de cuerdas.)

Desde la época de los griegos, los filósofos han especulado con que los bloques fundamentales que constituyen la materia podrían estar hechos de pequeñas partículas llamadas «átomos». Hoy en día, con nuestros poderosos colisionadores de átomos y aceleradores de partículas, podemos dividir al propio átomo en electrones y núcleo, que a su vez pueden ser divididos en partículas subatómicas más pequeñas todavía. Pero lo descorazonador fue que, en lugar de un marco elegante y sencillo, se vio que de nuestros aceleradores salían cientos de partículas con nombres extraños como neutrinos, quarks, mesones, leptones, hadrones, gluones, bosones W, etcétera. Es difícil creer que la naturaleza, en su nivel más fundamental, pueda crear una confusa jungla de extrañas partículas subatómicas.

La teoría de cuerdas y la teoría M se basan en la idea sencilla y elegante de que la desconcertante variedad de partículas subatómicas que forman el universo es similar a las notas que pueden tocarse en la cuerda de un violín o sobre una membrana como la del parche del tambor. (No se trata de cuerdas

y membranas ordinarias; existen en el hiperespacio de diez y once dimensiones.)

Tradicionalmente, los físicos veían los electrones como partículas puntuales infinitesimalmente pequeñas. Ello significaba que los físicos tenían que introducir una partícula puntual diferente para cada una de los cientos de partículas subatómicas que encontraban, lo cual resultaba muy confuso. Pero según la teoría de cuerdas, si tuviéramos un supermicroscopio que pudiera ver el corazón de un electrón, veríamos que no se trata en absoluto de una partícula puntual, sino de una pequeña cuerda vibrante. Sólo parecía ser una partícula puntual porque nuestros instrumentos son demasiado rudimentarios.

Esta pequeña cuerda, a su vez, vibra a diferentes frecuencias y resonancias. Si punteáramos esta cuerda vibradora, cambiaría de forma y se convertiría en otra partícula subatómica, como un quark. Si la volvemos a puntear, se convierte en un neutrino. De este modo, podemos explicar la tormenta de partículas subatómicas como algo parecido a diferentes notas musicales en la cuerda. Ahora podemos reemplazar los cientos de partículas subatómicas vistas en el laboratorio por un solo objeto, la cuerda.

En este nuevo vocabulario, las leyes de la física, cuidadosamente construidas después de miles de años de experimen-

ANALOGÍA MUSICAL	CONTRAPARTIDA DE CUERDAS
Notación musical	Matemáticas
Cuerdas de violín	Supercuerdas
Notas	Partículas subatómicas
Leyes de la armonía	Física
Melodías	Química
Universo	Sinfonía de cuerdas
«Mente de Dios»	Música que resuena por el hiperespacio
Compositor	?

tación, no son más que las leyes de la armonía que pueden escribirse para cuerdas y membranas. Las leyes de la química son las melodías que uno puede tocar con estas cuerdas. El universo es una sinfonía de cuerdas. Y la «Mente de Dios», de la que Einstein escribió con tanta elocuencia, es la música cósmica que resuena en todo el hiperespacio. (Lo que plantea otra pregunta: si el universo es una sinfonía de cuerdas, ¿hay un compositor? Respondo a esta pregunta en el capítulo 12.)

El fin del universo

El WMAP no sólo nos permite apreciar con exactitud el universo primigenio sino que también nos da la imagen más detallada de cómo morirá nuestro universo. De la misma manera que al principio de los tiempos la misteriosa fuerza antigravitatoria empujó a las galaxias y las separó, esta misma fuerza antigravitatoria está ahora empujando el universo hacia su destino final. Anteriormente, los astrónomos pensaban que la expansión del universo se iba reduciendo gradualmente. Ahora somos conscientes de que en realidad el universo se está acelerando y las galaxias se van alejando de nosotros a una velocidad cada vez mayor. La misma energía oscura que constituye el 73% de la materia y energía del universo está acelerando su expansión, empujando y separando las galaxias a velocidades cada vez mayores. «El universo se está comportando como un conductor que desacelera al acercarse al semáforo en rojo y pulsa el acelerador cuando la luz se pone verde», dice Adam Riess, del Space Telescope Institute.

A no ser que ocurra algo que invierta esta expansión, en 150.000 millones de años nuestra galaxia de la Vía Láctea puede volverse bastante solitaria, con el 99,99999% de todas las galaxias cercanas precipitándose hacia el borde del universo visible. Las galaxias que nos son familiares en el cielo nocturno se alejarán de nosotros con tanta rapidez que su luz no nos alcanzará nunca. Las galaxias en sí no desaparecerán, pero estarán demasiado lejos para que nuestros telescopios puedan observarlas. Aunque el universo visible contiene aproximadamente 100.000 millones de galaxias, en 150.000 millones de

años sólo unos miles de galaxias del supergrupo local de galaxias serán visibles. Más allá en el tiempo, sólo nuestro grupo local, que consiste en unas treinta y seis galaxias, comprenderá todo el universo visible, mientras que miles de millones de galaxias superarán el límite del horizonte. (Eso se debe a que la gravedad dentro del grupo local es suficiente para superar esta expansión. Irónicamente, a medida que las galaxias lejanas desaparecen de nuestra vista, cualquier astrónomo que viva en esta era oscura puede fracasar por completo en la detección de una expansión en el universo, ya que el grupo local de galaxias no se expande internamente. En un futuro lejano, puede que los astrónomos que analicen el cielo nocturno por primera vez no se den cuenta de que hay una expansión y concluyan que el universo es estático y está formado por sólo treinta y seis galaxias.)

Si esta fuerza antigravitatoria continúa, a la larga el universo morirá en una gran congelación. Toda la vida inteligente del universo acabará congelándose y agonizará cuando la temperatura del espacio profundo caiga hasta el cero absoluto, estado en que las moléculas apenas pueden moverse. En algún momento, dentro de billones y billones de años, las estrellas dejarán de brillar, sus fuegos nucleares se extinguirán cuando se les agote el combustible y el cielo nocturno se oscurecerá para siempre. La expansión cósmica sólo dejará un universo frío y muerto de estrellas enanas negras, estrellas de neutrones y agujeros negros. Y en un futuro todavía más lejano, los propios agujeros negros evaporarán su energía, dejando una niebla fría y sin vida de partículas elementales a la deriva. En un universo inhóspito y frío, la vida inteligente es físicamente imposible según cualquier definición concebible. Las férreas leyes de la termodinámica prohíben la transferencia de toda información en un entorno congelado de este tipo, y toda vida cesará necesariamente.

La primera toma de conciencia de que a la larga el universo puede morir en el hielo se hizo en el siglo XVIII. Comentando el depresivo concepto de que las leyes de la física aparentemente condenan toda la vida inteligente, Charles Darwin escribió: «Creyendo como creo que en un futuro lejano el hombre será una criatura mucho más perfecta que ahora,

es intolerable la idea de que él y todos los demás seres sensibles estén condenados a la completa aniquilación después de un progreso continuado tan lento». Desgraciadamente, los últimos datos del satélite WMAP parecen confirmar los peores temores de Darwin.

Fuga hacia el hiperespacio

Es una ley de la física que la vida inteligente del universo se enfrentará necesariamente a su muerte. Pero también es una ley de la evolución que, cuando el entorno cambia, la vida tiene que abandonarlo, adaptarse a él o morir. Como es imposible adaptarse a un universo que se congela hasta morir, las únicas opciones son o morir o abandonar el universo. Cuando pensamos en la muerte final del universo, ¿es posible que dentro de billones de años haya civilizaciones con la tecnología necesaria para abandonar nuestro universo en un «salvavidas» dimensional y dirigirse hacia otro planeta mucho más joven y caliente? ¿O utilizarán su tecnología superior para construir una «urdimbre de tiempo» y viajar hacia su propio pasado, cuando las temperaturas eran mucho más cálidas?

Algunos físicos han propuesto una serie de planes plausibles, aunque extremadamente especulativos, que utilizando la física más avanzada disponible, proporcionan una mirada más realista a los portales o entradas dimensionales a otro universo. Las pizarras de los laboratorios de física de todo el mundo están llenas de ecuaciones abstractas con cálculos sobre si podría usarse o no la «energía exótica» y los agujeros negros para encontrar un pasadizo hacia otro universo. ¿Puede una civilización avanzada, quizás unos millones o miles de millones más avanzada que nosotros en tecnología, explotar las conocidas leyes de la física para entrar en otros universos?

El cosmólogo Stephen Hawking, de la Universidad de Cambridge, bromeó al respecto en una ocasión: «Los agujeros de gusano, si existen, serían ideales para un rápido viaje espacial. Uno podría atravesar el agujero hasta el otro lado de la galaxia y estar de vuelta a la hora de la cena».

Y si los agujeros de gusano y los portales dimensionales son demasiado pequeños para permitir el éxodo definitivo del universo, hay otra opción definitiva: reducir el contenido total de información de una civilización avanzada inteligente al nivel molecular e inyectarla a través de la entrada, para que se reensamble ella misma al otro lado. De este modo, toda una civilización puede inyectar su semilla a través de la entrada dimensional y restablecerse en toda su gloria. El hiperespacio, en lugar de ser un juguete para físicos teóricos, podría convertirse potencialmente en la salvación definitiva de la vida inteligente en un universo al borde de la muerte.

Pero para entender del todo las implicaciones de este acontecimiento, debemos entender primero cómo los cosmólogos y físicos han llegado concienzudamente a estas asombrosas conclusiones. En el curso de *Mundos paralelos*, revisaremos la historia de la cosmología, subrayando las paradojas que han infestado este campo durante siglos, y concluiremos con la teoría de la inflación, que, aunque coherente con todos los datos experimentales, nos obliga a considerar el concepto de múltiples universos.