

Construimos muros, construimos pirámides

Todo nuestro universo entero estaba en un estado denso y caliente. Luego, hace casi catorce mil millones de años comenzó la expansión. Espera... La Tierra comenzó a enfriarse, los autótrofos a babear, los neandertales desarrollaron herramientas. Construimos muros, construimos pirámides. Matemáticas, ciencias, historia, desentrañando el misterio, ¡todo ello empezó con el Big Bang! ¡Bang!

(Letra de la canción de la serie *The Big Bang Theory*)

La canción que inicia los episodios de *The Big Bang Theory* nos ofrece un vertiginoso recorrido visual y sonoro a través de la historia de la vida en la Tierra, que termina afirmando: «¡Todo ello empezó con el Big Bang!». Y es que la teoría del Big Bang, que en sus inicios fue una idea controvertida, en la actualidad es aceptada mayoritariamente como la mejor explicación del origen del universo, e incluso ha sobrepasado el ámbito de los especialistas para entrar en el vocabulario popular. Sin embargo, debemos tener en cuenta que, como sucede con otros muchos avances científicos, también este abre más interrogantes de los que cierra, pues el Big Bang, más que ser el instante en que todo empieza (como dice la canción), constituye el punto donde termina nuestro conocimiento actual. Al fin y

al cabo, la teoría del Big Bang no es sino un paso más en el afán del ser humano por comprender sus orígenes.

Lemaître convence a Einstein

La contemplación de la inmensidad de la esfera celeste y su aparente estabilidad a través de los siglos invitaban a pensar que el universo había existido siempre y permanecía eternamente invariable. Esta idea se vio reforzada, en las primeras décadas del siglo XX, por los resultados proporcionados por la datación radiométrica de las rocas terrestres, que establecían la edad de la Tierra entre 1000 y 3000 millones de años (los cálculos actuales la fijan en 4,54 miles de millones). También Einstein estaba plenamente convencido de que el

universo era estático. Por ello, cuando completó su teoría de la relatividad general y observó que sus fórmulas solo permitían un universo en expansión o en contracción, introdujo en ellas un término adicional (conocido como la constante cosmológica), aunque, como él mismo reconoció, «este término solo es necesario para hacer posible una distribución prácticamente estática de la materia, como conviene al hecho de las reducidas velocidades de las estrellas».

El interés generalizado que produjeron las ecuaciones de Einstein hizo que un gran número de científicos se dedicaran a estudiarlas para tratar de deducir sus posibles consecuencias. Entre ellos estaba el matemático ruso Alexander Friedmann, que partió de las fórmulas iniciales de Einstein (sin la constante cosmológica) y concluyó que el universo tendería a contraerse a causa de la gravedad producida por la materia que contiene. En un artículo publicado en 1922, propuso tres posibles escenarios compatibles con esta hipótesis: 1) el universo se contrae progresivamente hasta llegar al colapso total; 2) la explosión inicial generó una fuerza suficiente para superar a la gravedad y continuar expandiéndose; o 3) la densidad del universo es tal que se produce cierto equilibrio entre ambas

fuerzas, de modo que no evoluciona ni al colapso ni a la expansión infinita.

Einstein rechazó estas posibilidades e incluso escribió una carta de queja a la revista que había publicado el artículo, en la que afirmaba que Friedmann no se había ajustado a las ecuaciones de la relatividad general. Tal reprobación, y la muerte de Friedmann a causa de una enfermedad 3 años más tarde, hicieron que su artículo fuera prácticamente ignorado.

Desconocedor del trabajo de Friedmann, el astrónomo y sacerdote católico Georges Lemaître siguió un camino parecido, que sin embargo tendría un resultado muy distinto. Utilizando las fórmulas de la relatividad general, Lemaître reinterpretó las mediciones de Slipher sobre la velocidad de las galaxias que hemos visto en el capítulo anterior, y en 1927 propuso que su movimiento se debe a que el universo está en continua expansión, y esta se produce de modo que la velocidad de alejamiento entre dos puntos cualesquiera del universo ha de ser mayor cuanto más distanciados se encuentren.

Por aquel tiempo, Hubble, ayudado por el también astrónomo norteamericano Milton Humason, utilizando el telescopio reflector de 2,54 metros del Monte Wilson

amplió las observaciones de Slipher con otras galaxias, y confirmó que prácticamente todas ellas mostraban desplazamientos al rojo. Además, llegó a la conclusión de que el grado de desplazamiento al rojo de un objeto estelar es proporcional a su distancia a la Tierra (resultado publicado en 1929 y que se conoce como ley de Hubble). Es decir, las estrellas y galaxias se alejan de nosotros a una velocidad tanto mayor cuanto más lejos se encuentran (concordando con la previsión de Lemaître).

La ley de Hubble suele expresarse con la fórmula $v = H_0 D$, donde v es la velocidad a la que se aleja la galaxia, D es la distancia a la que se encuentra y H_0 es el factor de proporcionalidad (la constante de Hubble). El valor estimado actualmente para esta constante, a partir de los datos obtenidos por el telescopio espacial Hubble y la sonda WMAP, es de 72 km/s por megaparsec (Mpc). Es decir, una galaxia situada a 1 Mpc se aleja de nosotros a 72 km/s, otra que se halle a 2 Mpc lo hace a 144 km/s, y así sucesivamente.

Si en cualquier dirección en que miremos vemos a los astros alejarse de nosotros, ¿debemos pensar por ello que la Tierra (o el Sol, o la Vía Láctea) es el centro del universo? En absoluto. Para ver lo que sucede podemos imaginar el universo como si fuera la superficie de un globo

hinchable, sobre el que colocamos unas pegatinas esparcidas representando estrellas y galaxias. Si hinchamos gradualmente el globo (expandimos el universo), todas las pegatinas se separarán unas de otras. Una hormiga que estuviera sobre una pegatina vería a las demás alejarse en todas direcciones (lo mismo que nosotros observamos en las galaxias). El símil del globo también nos permite visualizar otro aspecto de la expansión del universo: que lo que se expande en realidad es el propio espacio, que arrastra a los astros con él, de modo que el universo tiende a quedarse cada vez más vacío, como sucede en nuestro ejemplo, en el que las pegatinas conservan su dimensión y están cada vez más alejadas unas de otras.

Una vez confirmada la expansión del universo, en 1931 Lemaître llegó a otra conclusión que ahora, vista *a posteriori*, parece evidente, pero que entonces necesitó unas décadas para ser adoptada mayoritariamente. Pensó que, si el universo se expandía de modo continuo y había estado haciéndolo igualmente con anterioridad, debía haber algún instante en el pasado en que el tamaño del universo fuera nulo. Ello implicaba dos cosas: que el universo tuvo un origen, y que hubo una fuerza inicial que produjo su expansión (expansión que continúa en nuestros días). Hacía

pocos años que se conocía la radiactividad¹, en la que el núcleo de un átomo inestable pierde parte de su energía por la emisión de ondas y partículas. Lemaître imaginó que en su origen el universo se asemejaba a un núcleo que habría empezado a desintegrarse, por lo que denominó a su teoría «del átomo primigenio».

A Einstein, como a la mayoría de sus contemporáneos, la idea de un origen del universo le parecía contraria al sentido común y de difícil aceptación. Tal vez a Lemaître le resultaba más fácil creer en ella debido a su fe cristiana (en la Biblia se dice que «en el principio Dios creó los cielos y la Tierra»). Lemaître decía que «hay dos maneras de llegar a la verdad [la ciencia y la religión], y he decidido seguir ambas».

Tras la confirmación de la expansión del universo en 1929 y la publicación del modelo del Big Bang en 1931, Lemaître y Einstein coincidieron en unas conferencias en 1933. Al acabar la suya Lemaître, Einstein se levantó y dijo: «Esta es la más bella y satisfactoria explicación de la creación que nunca he escuchado». De hecho, Einstein reconoció que la

inclusión de la constante cosmológica en sus fórmulas había sido una chapuza innecesaria y «el mayor error de mi vida»².

Lemaître continuó trabajando y publicando el resto de su vida, dedicándose cada vez con más intensidad al campo de las matemáticas (aplicadas a la astronomía, los sistemas de numeración, el cálculo y los ordenadores). Desde 1960 hasta su muerte en 1966 fue el presidente de la Academia Pontificia de las Ciencias.

El estado estacionario

El británico Fred Hoyle y los austríacos Herman Bondi y Thomas Gold coincidieron en 1942, cuando Hoyle trabajaba para el servicio de radar del Almirantazgo Británico en Witley. Los tres compartían su interés por la astronomía, y pasaban muchas noches discutiendo los últimos descubrimientos en este campo, una actividad que continuaron una vez acabada la guerra, dado que los tres residían en Cambridge. Fruto de estos trabajos, en 1946 desarrollaron un modelo alternativo al Big Bang: el del estado estacionario (*steady state*). Según este modelo, en el

espacio se produciría una creación constante de materia en el vacío que dejan los astros en su expansión, de manera que la densidad del universo se mantendría invariable. Por ello, su aspecto en cualquier momento pasado o futuro sería siempre el mismo. Para justificar la continua creación de materia, Hoyle propuso la existencia de un campo especial (el campo C, o campo de creación), aunque no llegó a explicar en qué consistía.

La polémica entre el modelo del estado estacionario y el del Big Bang tomó para Hoyle un cariz cada vez más personal, y más que defender sus ideas en los ámbitos científicos lo hacía ante el gran público con series de televisión y novelas. En el año 1950 fue invitado a realizar cinco conferencias en el tercer canal de radio de la BBC. En la última de ellas pretendió ridiculizar el modelo de Lemaître denominándolo «el del gran estampido» (el Big Bang), calificándolo de «proceso irracional que no puede ser descrito en términos científicos». Paradójicamente, aquella denominación, que era un intento de descrédito, se convirtió en el

¹ Fue descubierta en 1896 por el científico francés Henri Becquerel, quien recibió el premio Nobel de Física en 2003 junto con los esposos Curie.

² Aunque recientemente los científicos están considerando que la constante cosmológica podría ser la que mejor se ajuste al efecto de la energía oscura que contrarresta a la gravedad.

nombre con que se ha popularizado el modelo.³

Uno de los factores que había dificultado la aceptación de las ideas de Lemaître fue que, debido a diversos problemas (dificultades de observación y confusión de Cefeidas con otros tipos de variables), los valores obtenidos por Hubble para la velocidad de expansión de las galaxias eran unas siete veces mayores que los reales (obtuvo para su constante un valor de 500 km/s por Mpc, cuando el valor estimado actualmente es de 72). Del valor calculado por Hubble se deducía que el universo tenía una edad de unos 2000 millones de años, cuando las dataciones radiométricas de las rocas terrestres ya habían establecido que la Tierra era más antigua, lo que resultaba contradictorio. Nuevas mediciones realizadas durante la década de 1950 fueron rebajando el valor de la constante hasta aproximarse al actual (según las estimaciones actuales, el universo se originó hace 13.750

millones de años, y la edad de la Tierra es de 4.543 millones de años).

Radiación de fondo de microondas

La radioastronomía nació accidentalmente en 1931. Los laboratorios Bell recibieron el encargo de estudiar el origen de las señales que interferían las comunicaciones radiotelefónicas a larga distancia, y asignaron esta tarea a Karl Jansky, entonces un joven que acababa de graduarse en la Universidad de Wisconsin. Jansky construyó una antena giratoria de unos 30 m de diámetro por 6 m de alto que exploraba y registraba las señales recibidas en todas direcciones. La mayoría correspondían a tormentas locales o lejanas, pero por debajo de ellas se percibía una especie de soplo mucho más continuo que, curiosamente, parecía adquirir su máxima intensidad cada 23 horas y 56 minutos, lo que coincide con la duración de un día sidéreo⁴. De ello dedujo que el origen de la señal se

hallaba fuera de la Tierra, y al investigar su dirección observó que procedía del centro de la Vía Láctea (donde hay una potente fuente de radiaciones electromagnéticas). En 1933 publicó estos resultados⁵. A partir de entonces, la radioastronomía se convirtió en otra herramienta para el estudio del universo.

En 1948, los norteamericanos Ralph Alpher y Robert Herman consideraron la idea de que la enorme cantidad de radiación producida en el Big Bang debía continuar presente en el universo, y llegaron a la conclusión de que la temperatura actual de tal radiación debería ser de alrededor de 5 K, es decir, -268 °C ⁶. Sin embargo, por aquel entonces no se disponía de medios para comprobar tal afirmación. En 1960, los Laboratorios Bell construyeron una antena de bocina de 6 metros para las comunicaciones con el satélite Echo, y al finalizar el servicio de este quedó disponible para investigación.

³En un mundo progresivamente influenciado por los medios de comunicación, el nombre por el que son conocidas las cosas adquiere una importancia vital. Un claro ejemplo es el del bosón de Higgs, una partícula elemental cuya popularidad se vio claramente aumentada cuando en 1993 el físico Leon Lederman publicó un libro sobre ella y lo tituló *The God particle: If the universe is the answer, what is the question?* (La partícula de Dios: si el universo es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?). A la mayoría de los científicos, incluido el propio Higgs, les desagrada tal denominación, que encuentran completamente inapropiada.

⁴El día sidéreo es el tiempo que emplea la Tierra en completar una rotación sobre sí misma con respecto a las estrellas fijas. El día sidéreo es unos 4 minutos más breve que el solar, y por ello la salida de cada estrella se adelanta 4 minutos cada noche.

⁵En su artículo *Electrical disturbances apparently of extraterrestrial origin* (Interferencias eléctricas de origen aparentemente extraterrestre).

⁶La escala Kelvin (K) está basada en el cero absoluto, la temperatura más baja posible a la cual las partículas fundamentales tienen su mínima vibración. El cero absoluto (0 K) corresponde a $-273,15\text{ °C}$.

Los radioastrónomos Arno Penzias y Robert Wilson la aprovecharon para estudiar las señales de radio procedentes de los espacios vacíos entre las galaxias, y comprobaron que la antena recibía siempre un continuo ruido de microondas dondequiera que estuviera orientada. Inicialmente creyeron que ello se debía a algún tipo de interferencia, por lo que investigaron sus posibles causas sin ningún resultado: el ruido continuaba. Hasta que entraron en contacto con un grupo de cosmólogos de la Universidad de Princeton, y entonces comprendieron que lo que estaban recibiendo era precisamente la radiación residual del Big Bang prevista por Alpher y Herman (la llamada radiación de fondo de microondas, o CMB por sus siglas en inglés). El hallazgo, publicado en 1965, sirvió para refrendar la teoría del Big Bang.

Curiosamente, el Big Bang ya estaba presente en nuestros televisores mucho antes de que llegaran Sheldon y sus amigos. Para ser más exactos, estaba presente en los televisores analógicos cuando estos no estaban sintonizados con ninguna emisora y aparecía en la pantalla el centelleo que habitualmente

denominábamos «nieve». Una pequeña parte de este efecto (habitualmente se dice que un 1%, pero no se concreta de qué modo se ha obtenido este valor) se debe precisamente a la radiación de fondo procedente del Big Bang captada por la antena del televisor.

En 1989, la NASA (National Aeronautics and Space Administration [Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos]) puso en órbita el satélite COBE (Cosmic Background Explorer [Explorador del Fondo Cósmico]) destinado a investigar con más detalle, y fuera de la influencia de la atmósfera terrestre, la radiación de fondo de microondas. Los instrumentos del satélite detectaron una anisotropía (variación de la intensidad según la dirección) de una parte en 100.000. Tales variaciones muestran la distribución de la materia y la energía que existía en el joven universo, que sería la causante de la estructura actual de este. Asimismo, el COBE detectó que el espectro de la radiación de fondo de microondas corresponde al de un cuerpo negro⁷ con una temperatura de 2,725 K, en concordancia con las predicciones de la teoría del Big Bang. El satélite estuvo en

funcionamiento hasta finales de 1993.

Los primeros instantes del universo

Sucede en ocasiones que la aparición de una nueva teoría no invalida otra anterior, sino que simplemente la perfecciona, tal vez porque amplía el ámbito de validez de la primera (como sucede con la relatividad de Einstein respecto a la mecánica newtoniana) o porque consolida diversos campos en uno (como Maxwell unificó la electricidad y el magnetismo). Sin embargo, en otras ocasiones, dos (o más) ideas contradictorias han coincidido durante décadas o siglos y han provocado intensos debates, como los que se produjeron entre los defensores del geocentrismo y el heliocentrismo, o entre las teorías del Big Bang y del estado estacionario. En tales casos, el debate no puede cerrarse hasta que nuevas observaciones confirman las predicciones de una de las teorías y descartan las de la otra, pero ello puede requerir un largo tiempo.

Actualmente, la esencia de la teoría del Big Bang es aceptada mayoritariamente por la comunidad

⁷Se denomina «cuerpo negro» a aquel que absorbe cualquier radiación electromagnética que le llegue. Un cuerpo negro en equilibrio térmico emite radiación electromagnética cuyo espectro está determinado solo por su temperatura, independientemente de otras características.

científica (lo que no impide que todavía tenga sus detractores). Sin embargo, algunos de sus aspectos (inflación, gran unificación, etc.) aún están pendientes de verificación. Hechas estas reservas, con nuestros conocimientos actuales y aplicando las fórmulas hacia atrás en el tiempo, obtenemos que la cronología más probable para la evolución del universo a partir del Big Bang es la siguiente:

- Época Planck (desde el instante cero hasta $5,39 \times 10^{-44}$ segundos, es decir, una unidad Planck⁸). Resulta imposible saber qué sucedió, pues se daba una singularidad gravitacional (la densidad de la materia, y por tanto la curvatura del espacio-tiempo, eran infinitas) y en ella la relatividad general ya no es aplicable (es equivalente a intentar una división por cero). Se cree que durante esta época las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza (electromagnetismo, gravedad, nuclear fuerte y nuclear débil) estaban unidas en una única fuerza fundamental. Al terminar esta época, el universo tenía un diámetro de 10^{-35} m y una temperatura de 10^{32} °C.
- Época de la gran unificación (desde 10^{-43} hasta 10^{-36} segundos). La fuerza de la gravedad se separa de las demás y se generan las primeras partículas elementales.
- Época inflacionaria (desde 10^{-36} hasta 10^{-32} segundos). El universo contiene todavía muy poca materia, pero grandes cantidades de energía oscura que genera una enorme expansión (inflación), y el universo alcanza unos 10 cm de diámetro (esta es la gran explosión de la que se deriva el nombre del Big Bang). La inflación sería la que explicaría las características actuales del universo, con la materia repartida aproximadamente por igual en todas direcciones. A primera vista, que el universo se expandiera hasta 10 cm no parece gran cosa, pero si tenemos en cuenta que esta expansión se realizó en algo menos de 10^{-32} segundos, un rápido cálculo nos muestra que la velocidad alcanzada es de unos 20.000 trillones de veces la velocidad de la luz. Ello puede llevar a preguntarnos: ¿acaso la relatividad no afirma que nada puede superar tal velocidad?⁹ Efectivamente, pero lo que sucedió durante la inflación no fue que la materia o la radiación se desplazaran, sino que fue el espacio sobre el que estas se asentaban el que se expandió. Para verlo más gráficamente, volvamos al ejemplo del globo hinchado que habíamos utilizado en el fragmento dedicado a Lemaître, e imaginemos que las pegatinas se desplazan a una velocidad de 3 cm/s. Supongamos que colocamos dos de estas pegatinas una al lado de otra, y que solo se mueve una de ellas. Al cabo de un segundo se encontrará a 3 cm de la que se ha quedado inmóvil. Sin embargo, si repetimos el experimento mientras el globo está siendo inflado de manera que dobla su diámetro cada segundo (se expande), en el mismo espacio de tiempo la pegatina móvil se encontrará a 6 cm de la fija y parecerá que ha doblado la velocidad.
- Época electrodébil (desde 10^{-32} hasta 10^{-12} segundos). La fuerza nuclear fuerte se separa de las otras dos y se genera un gran número de partículas (entre ellas bosones de Higgs).

⁸ La unidad de tiempo Planck es la unidad más pequeña de tiempo que tiene un sentido físico, ya que por debajo de él, el espacio-tiempo clásico deja de tener validez y predominan los efectos cuánticos.

⁹ Para ser exactos, según la relatividad, nada que inicialmente tenga una velocidad inferior a la de la luz puede llegar a superarla, pero ello no impide que existan partículas que siempre vayan a una velocidad superior, como en alguna ocasión se ha especulado (sería el caso de los taquiones, unas partículas hipotéticas que nunca han sido detectadas).

- Época quark (desde 10^{-12} hasta 10^{-6} segundos). La fuerza nuclear débil y el electromagnetismo se separan y se genera un gran número de quarks, electrones y neutrinos. El universo se enfría hasta 10.000 billones de grados.
- Época hadrón (desde 10^{-6} hasta 1 segundo). El universo continúa enfriándose hasta 1 billón de grados, lo que permite a los quarks formar hadrones (protones, neutrones, y mesones). También se forman neutrinos.
- Época leptón (desde 1 segundo hasta 3 minutos). Electrones y positrones constituyen la mayor parte de la masa del universo.
- Nucleosíntesis (desde 3 minutos hasta 20 minutos). La temperatura baja a 1000 millones de grados, lo que permite la formación de los núcleos de algunos elementos simples (hidrógeno, helio, litio).
- Época fotón (desde 3 minutos hasta 240.000 años). El universo continúa enfriándose y está repleto de plasma.
- Recombinación/desacoplamiento (desde 240.000 hasta 300.000 años). La temperatura desciende a 3000 grados. Los átomos capturan electrones, lo que hace al universo transparente a la luz, por lo que esta es la época más antigua que podemos observar. El universo está compuesto de un 75% de hidrógeno y un 25% de helio, y apenas algunas trazas de litio.
- Era oscura (desde 300.000 años hasta 150 millones de años). La actividad disminuye y el universo está dominado por la materia oscura.
- Reionización (desde 150 millones de años hasta 1000 millones de años). El colapso gravitacional genera los primeros cuásares¹⁰.
- Formación de estrellas y galaxias (desde 300 millones de años en adelante). Las nubes de gas se colapsan por la acción de la gravedad y generan reacciones de fusión nuclear, creando las primeras estrellas y galaxias, mientras continúa la expansión.
- Formación del sistema solar (desde unos 8500 millones de años después del Big Bang). Hace unos 5000 millones de años se formó el Sol a partir de los restos de otras estrellas.
- Hoy día. Unos 13.700 millones de años después del Big Bang, el proceso continúa, mientras en un minúsculo planeta que gira

alrededor de una de las 300.000 estrellas que forman una de las 100.000 millones de galaxias del universo, unos cuantos seres (aparecidos hace tan solo una cienmilésima parte de la vida del universo, y formados por partículas generadas en el Big Bang) nos preguntamos sobre el origen de todo ello.

¿Es el Big Bang el origen de todo?

Que el Big Bang explique el origen del universo no significa necesariamente que explique el origen de todo. Nuestro conocimiento del Big Bang, además de que nos falta completar, confirmar o corregir muchos detalles, solo alcanza hasta $5,39 \times 10^{-44}$ segundos después del instante cero. Lo que existía, o lo que sucedió en aquel instante cero, escapa completamente a nuestra capacidad actual, pues las leyes físicas que conocemos se rompen cuando las aplicamos a las condiciones entonces existentes, y los conceptos que aplicamos para interpretar la realidad (espacio, tiempo, materia y energía) dejan de tener sentido. Por tanto, el Big Bang, más que ser el origen de todo, es el final de nuestro conocimiento.

¹⁰Un cuásar es un objeto muy lejano que emite enormes cantidades de energía en forma de radiaciones. Se cree que son los centros de algunas galaxias en los que se produce algún fenómeno extraordinariamente energético, tal vez un potente agujero negro.

¿Y antes del Big Bang?

Si efectivamente el punto inicial del Big Bang es una singularidad gravitacional, la pregunta puede no tener sentido por una de estas dos razones: 1) si nuestro espacio-tiempo se originó con el Big Bang, no podemos hablar de un «antes», pues el tiempo solo existía después, o 2) en caso de que existiera algún tipo de espacio-tiempo «al otro lado» del Big Bang, no guardaría ninguna relación con el nuestro (hemos entrecomillado las expresiones «antes» y «al otro lado» porque se basan en conceptos que corresponden a nuestra percepción del universo actual, tras el Big Bang).

Algunos cosmólogos proponen un modelo cíclico según el cual el universo no se originó en el Big Bang, sino que «rebotó» desde un universo anterior que se había contraído hasta alcanzar tal densidad que provocó una nueva expansión. Según este modelo, el universo podría seguir un ciclo continuo de contracciones y expansiones, y tendría 11 dimensiones, de las cuales cuatro serían las que percibimos (tres de espacio más una de tiempo). Estas cuatro dimensiones formarían nuestra brana (nuestro universo local tetradimensional que se movería en

un sustrato de más dimensiones), que coexistiría con otra similar. Cuando ambas branas se contraen llegan a colisionar, generando el rebote que vuelve a expandirlas y provocando una repetición del ciclo.

Si el Big Bang es el origen, ¿cuál es el fin?

A veces, obtener un resultado distinto al esperado puede resultar muy favorable, e incluso conducir a la obtención de un Premio Nobel, como sucedió a los astrofísicos norteamericanos Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess. Hasta finales del siglo xx se suponía que la expansión del universo, resultante de la fuerza explosiva generada por el Big Bang, era frenada progresivamente por la acción de la gravedad que atrae a las galaxias entre sí. Durante la década de 1990, Perlmutter, por un lado, y Schmidt y Riess por el otro, trabajaban en proyectos que pretendían determinar las distancias y las velocidades de las supernovas más lejanas con el fin de calcular el grado de ralentización de la expansión del universo. En 1998, ambos equipos llegaron a una misma y sorprendente conclusión: la expansión no solo no se frenaba, sino que se aceleraba. La razón de

ello se atribuyó a la energía oscura, una supuesta y desconocida forma de energía que constituiría el 70% de la existente en el espacio (muchos físicos consideran que la energía oscura es una propiedad del mismo espacio, y se correspondería con la constante cosmológica que Einstein introdujo en la relatividad general).

El descubrimiento valió a los tres científicos el Premio Nobel de Física en 2011. Para entonces, la serie *The Big Bang Theory* ya estaba en emisión y los guionistas mostraron en un episodio a Sheldon y Leonard viendo la ceremonia por televisión en directo. El segundo prácticamente no dice nada, pero el primero no se corta a la hora de opinar: «Mira el Dr. Saul Perlmutter agarrado a su premio Nobel. ¿Qué te pasa, Saul, tienes miedo de que alguien te lo robe como tú robaste la constante cosmológica de Einstein?». Y luego prosigue: «Ah, mira, Perlmutter le está dando la mano al rey. ¡Cuidado con tu reloj, Carlos Gustavo! A lo mejor te lo quita»¹¹. De hecho, ya antes de esta escena Sheldon tenía previsto pasar cuentas con el astrofísico estadounidense, y en un episodio previo planea asistir a una conferencia de Perlmutter en Pasadena, coincidiendo con la visita de su madre, a la que le promete que humillará al Premio Nobel en el

¹¹ Temporada 5, episodio 11.

turno de preguntas. Sin embargo, acaba yendo solo, por lo que la serie no muestra la conferencia, sino que realiza una elipsis. Más tarde, Sheldon resume: «La conferencia fue una pérdida de tiempo. Hice mejores diagramas de la expansión del universo en la guardería con los contenidos de mis pañales», dice mientras tose. «¿Te has resfriado?» pregunta Amy. «No, solo soy alérgico a la gente que gana un Nobel sin motivo»¹².

El pronóstico de futuro que arrojan los datos actuales no es nada alentador: si la expansión continúa acelerándose, la distancia entre las galaxias aumentará a un ritmo cada vez más rápido y el universo terminará convirtiéndose en algo inmensamente vacío, oscuro y frío (un

final a veces denominado la «gran congelación» o *big freeze*). Aún más, es posible que la energía oscura aumente con el espacio, en cuyo caso su fuerza expansiva llegaría a separar no solo el espacio intergaláctico, sino también el interior de las galaxias (el «gran desgarramiento» o *big rip*). Una tercera posibilidad es que, si por alguna razón la energía oscura disminuye con el tiempo y llega a ser inferior a la atracción gravitatoria entre las galaxias, el universo frene su expansión e inicie un proceso de contracción hasta colapsarse completamente (la «gran implosión» o *big crunch*). Este último caso es compatible con el efecto rebote del modelo cíclico antes descrito.

En cualquier caso, nada de esto nos afecta a los humanos como especie,

pues otras causas precipitarán nuestra desaparición en un tiempo muy inferior. En los próximos 4000 millones de años, el Sol irá incrementando su luminosidad y la temperatura en la Tierra subirá hasta provocar la fusión de su superficie. Por si ello no fuera suficiente, a continuación el Sol se convertirá en una gigante roja que absorberá a la Tierra. Pero además de estos fenómenos previsibles, existen muchos otros aleatorios que en cualquier momento pueden ocasionar la destrucción de la vida en la Tierra: un choque de asteroides, perturbaciones gravitatorias, la explosión de una supernova cercana, etc.; sin olvidar los que puede ocasionar la propia humanidad: un holocausto nuclear, un desastre ecológico, etc.

¹² Temporada 5, episodio 6.