

Dos visiones del universo: teoría del big bang y teoría cíclica

Ángel Gutiérrez

Introducción

Quizá la más básica de todas las preguntas existenciales sea ésta ¿de dónde venimos?

Y parece que una buena forma de empezar a responder esa cuestión sería descubrir cómo y en qué condiciones se originó el universo. Por supuesto, la respuesta no es nada sencilla. O al menos no lo es encontrarla. A lo largo de la historia de la física ha habido intentos variados para tratar de desentrañar tal misterio. De todos ellos, el que sin duda alguna ha tenido una aceptación mayor entre la comunidad científica es la archiconocida teoría del big bang. De hecho, su éxito ha sido tal que, durante mucho tiempo, podía considerarse prácticamente la única teoría al respecto. Esa situación cambió hace unos años, con la aparición de una visionaria alternativa. En esencia, la cuestión que se discute es si todo lo que existe surgió de la nada y acabará en algo frío y muerto o si el universo actual es el resultado de un nuevo principio, que llevará a otro y otro y otro más, por toda la eternidad.



Figura 1. Carl Sagan, a través de su “nave de la imaginación” y del programa Cosmos, dio a conocer algunos de los maravillosos misterios del universo.

Teoría del big bang frente a la teoría cíclica

Volviendo por un segundo a las cuestiones existenciales, no deja de resultar curioso que el primer esbozo de lo que acabaría convirtiéndose en la teoría del big bang se deba a un sacerdote católico, poco conocido del gran público, Georges Lemaître. Este belga, que además de sacerdote era físico y astrónomo, imaginó un modelo en el que nuestro universo se hallaba en plena expansión.



Figura 2. Georges Lemaître, uno de los padres del big bang.

De ser eso cierto, si realmente las galaxias estaban alejándose unas de otras, parecía lógica la conclusión de que hubo un momento, en un pasado remoto, en que estuvieron unidas, en un punto de una densidad y una energía inimaginables. Tan inimaginables, de hecho, que ni el propio Einstein les encontró una explicación apropiada, y ese momento inicial pasó a denominarse una singularidad; el equivalente en física de lo que los médicos llaman causas ideopáticas, cuando no tienen la menor idea de lo que provoca una cierta dolencia. Nada en la teoría del big bang explica éste en sí mismo, limitándose a tratar de comprender la evolución del universo a partir de aquel instante primigenio.

A pesar de ello, no le ha ido nada mal a esta teoría en los aproximadamente ochenta años que tiene de vida. De hecho, ha habido muchas demostraciones experimentales de sus postulados teóricos, lo que es fundamental en cualquier modelo físico que se precie (la misma teoría de la relatividad general de Einstein no comenzó a ser aceptada hasta que los astrónomos confirmaron, a través de ciertas observaciones, su predicción de la curvatura de la luz por acción de la gravedad). Esos triunfos sucesivos de la teoría del big bang y sus subsiguientes afinaciones –en especial, la de la teoría de la inflación– la convirtieron virtualmente en el único modelo cosmológico existente, lo que tiene varias desventajas. Quizá la más grave de todas sea que sus defensores no siempre son del todo honestos a la hora de reconocer sus limitaciones o los defectos de sus postulados, que muy, muy brevemente, pueden resumirse en:

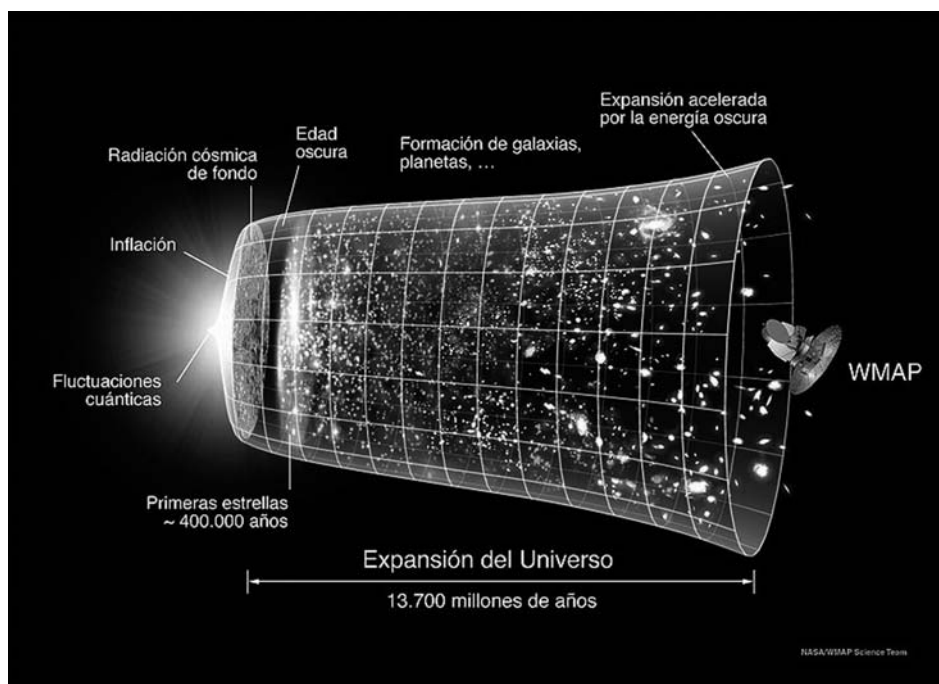


Figura 3. Esquema representativo de la teoría del big bang.

- Hace unos trece o catorce mil millones de años, el universo se expandió a partir de un punto de una temperatura y densidad infinitas.
- Con ese big bang se iniciaron el espacio y el tiempo. Antes de él, no existía nada.
- Al big bang le siguió una fase de expansión extremadamente rápida, la “inflación”, que homogeneizó el universo y generó las pequeñas variaciones que, con el tiempo, darían lugar, por ejemplo, a las galaxias.

Esa cómoda situación de la teoría del big bang ha ido, no obstante, desvaneciéndose poco a poco, al menos entre un grupo de la comunidad científica. Parte de la culpa la tiene el descubrimiento de lo que se denomina energía oscura –otro nombre curioso para darle a algo cuya naturaleza se desconoce–. Se supone que la energía oscura es la energía del vacío y la causa de la expansión acelerada del universo. Los cálculos estiman que representa alrededor del 75% de la energía total de éste y, sin embargo, nada en la teoría del big bang justifica o hace necesaria su existencia en la fase de inflación. A pesar de ello, tras ser demostrada empíricamente su existencia en 1999, se añadió sin demasiados miramientos al estado inicial del universo, como una más de sus propiedades.

Esta realidad, unida a otros factores y nuevas teorías físicas, llevó a algunos científicos a tratar de imaginar una alternativa al big bang capaz de explicar, entre otras cosas, la naturaleza y la utilidad de la energía oscura, que no podía ser una mera comparasa.

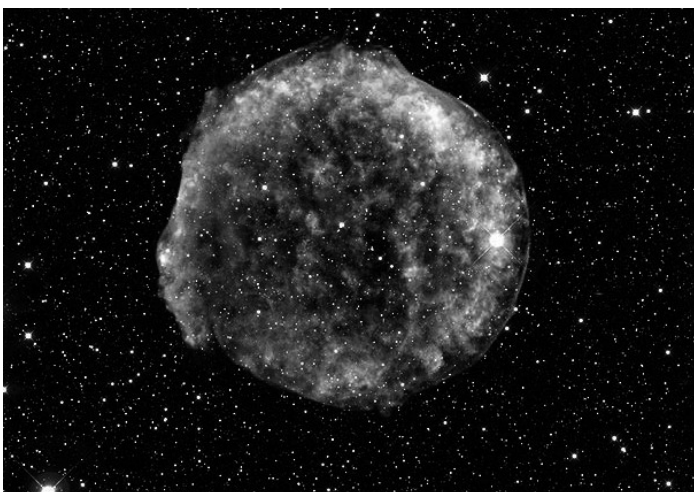


Figura 4. Observaciones precisas de supernovas como la de la imagen, llevaron a la demostración experimental de la existencia de la energía oscura.

Fue así como a principios del siglo XXI surgió la teoría cíclica de Steinhardt-Turok, dos de los más bri-

llantes científicos del mundo, que trabajan en la universidad de Princeton y de Cambridge, respectivamente. Su teoría baraja algunos conceptos provenientes de la llamada teoría M y de la teoría de cuerdas y supercuerdas. Entre los manuales formativos de ACTA, bajo el epígrafe de “Ciencias y Tecnología”, puede encontrar un interesantísimo artículo escrito por Antonio Rincón que explica esas teorías mucho mejor de lo que yo podría hacerlo. Por ello, no entraré en más detalles. De cualquier modo, para el caso que nos ocupa, nos basta saber que la teoría de cuerdas postula que todas las partículas que forman nuestro universo son, en realidad, una especie de pequeñas cuerdas. También, que existe algo llamado branas (abreviatura de membranas), que son una versión a gran escala de esas cuerdas.

Pues bien, conforme al modelo Steinhardt-Turok, nosotros vivimos en una de esas branas, en un universo plano y de tres dimensiones. Pero no estamos solos, ya que existe una brana más, paralela a la nuestra y separada de nosotros por una distancia ínfima, mucho menor que el tamaño de un núcleo atómico. Nuestro universo está, por tanto, formado por una especie de dos mundos o dimensiones paralelas. No podemos ver esa otra membrana porque la luz sólo se transmite a lo largo de la nuestra. Pero ambas están íntimamente ligadas entre sí, e interactúan una con otra en ciertos niveles.

Este escenario tan extraño es la conclusión a la que, una y otra vez, se llega cuando trata de describirse matemáticamente el universo y todo lo que hay en él. Y las repercusiones de un modelo como ese son más que significativas. Para empezar, da una explicación relativamente simple a la existencia de la materia oscura. En la teoría cíclica, ésta energía es consecuencia de la separación de las branas. Al mismo tiempo, esa misma energía es la que hace que ellas se atraigan entre sí. El valor de la energía oscura no es constante. Cuanto mayor sea la distancia entre las branas, mayor es también la cantidad de energía oscura. Por otro lado, ésta no es inagotable, y el modelo cíclico prevé que va extinguiéndose conforme las branas se acercan una a la otra. Porque las branas pueden moverse. Y, si pueden moverse, entonces es posible también que puedan chocar. ¿Y qué ocurre cuando éstas se acercan tanto que ocurre eso mismo?

Un big bang. Eso es lo que nos parecería a nosotros, en nuestra brana. Puesto que no somos conscientes de la existencia de la otra brana, veríamos el choque como un origen a partir de la nada. Pero no sería cierto.

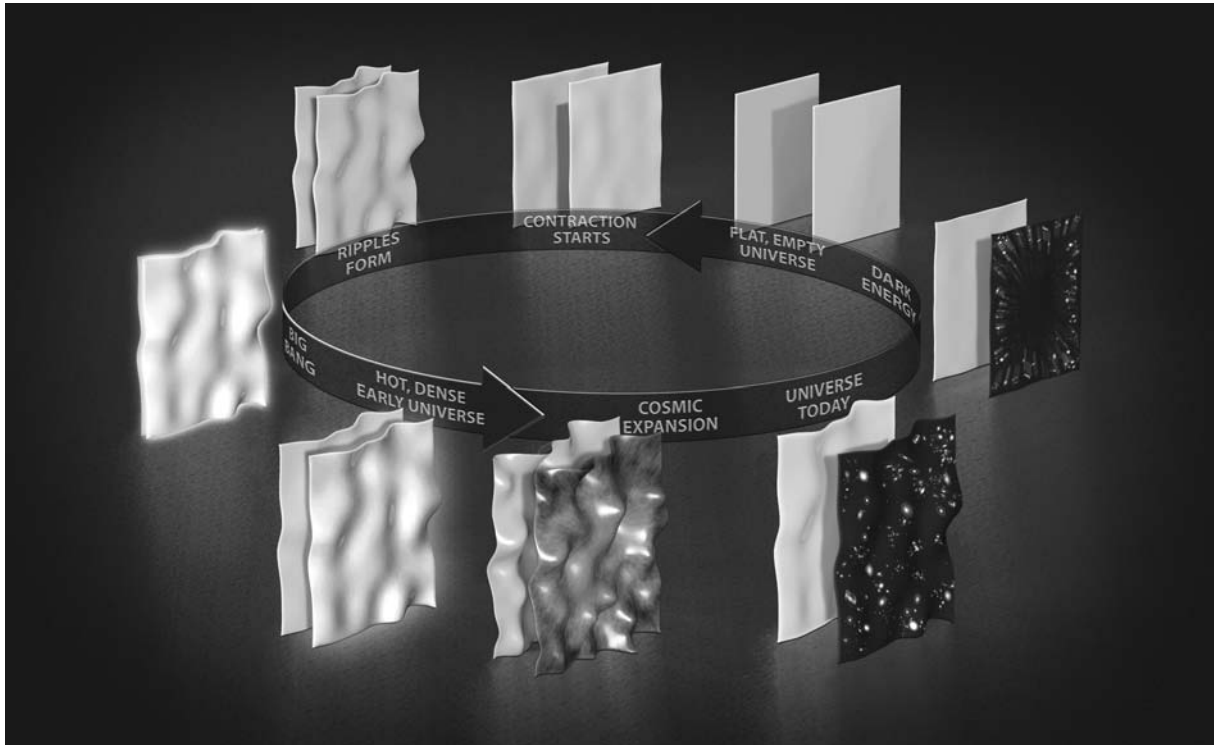


Figura 5. Esquema representativo de un ciclo completo del modelo Steinhardt-Turok.

A pesar de que aún le quede mucho camino por recorrer, el modelo cíclico de Steinhardt-Turok tiene varias ventajas con respecto al tradicional modelo inflacionista del big bang o a otros modelos cíclicos que fueron planteados principalmente durante los años treinta. Algunas de esas ventajas son éstas:

- El big bang ya no es una singularidad inexplicable, puesto que deja de ser el origen del espacio-tiempo a partir de la nada y de tener que ocurrir en unas condiciones de temperatura y densidad infinitas.
- El espacio y el tiempo pueden haber existido desde siempre, a lo largo de una secuencia inacabable de ciclos, de billones de años de duración cada uno de ellos, en que el universo se contrae en un big crunch y reemerge a partir de un nuevo big bang.
- El concepto de inflación ya no es necesario. La homogeneidad del universo y su aspecto plano son el resultado de acontecimientos previos al propio big bang.
- Las galaxias se crearon a partir de irregularidades producidas en las branas como consecuencia de su acercamiento previo al big bang.

Junto a esto, la teoría cíclica es capaz de dar asimismo una explicación propia a todas las predicciones exitosas de la teoría del big bang confirmadas experimentalmente.

Entrevista al profesor Paul J. Steinhardt

El profesor Steinhardt es, como ya sabe, uno de los creadores de la teoría cíclica. Actualmente ocupa la cátedra Albert Einstein de la universidad de Princeton y dirige su Centro de Ciencia Teórica. Hace unos meses tuvo la amabilidad de recibirnos en su despacho a David Zurdo y a mí y responder a las preguntas de esta entrevista. Por ello, le estamos sumamente agradecidos.



Figura 6. Paul Steinhardt.

¿Es posible que se genere algo a partir de nada?

Primero deberíamos establecer qué entendemos por “nada”. “Nada” puede ser una caja vacía, y por vacía podemos querer decir que no existen partículas en su interior. No obstante, sabemos que aunque parezca que no hay nada, podría haber algo. Por ejemplo, podría existir un campo eléctrico, que no seríamos capaces de ver o detectar a no ser que colocáramos partículas [en el interior de la caja]. Alguien podría decir, “ya, pero en la caja hay un campo eléctrico, aunque no lo veamos”. Y mi respuesta sería “está bien, pero aunque quitáramos el campo eléctrico, dentro de la caja seguiría existiendo un espacio, y en el espacio vacío puede haber energía”. De hecho, creemos que seguiría habiendo energía en el espacio vacío que ocupa hoy en día la mayor parte del universo aunque quitáramos de él toda la materia.

Además, y debido a las leyes de la física cuántica, incluso en un espacio aparentemente vacío, veremos que están creándose y destruyéndose partículas de un modo continuo. En resumen, aunque pensemos que un espacio está vacío, y aunque en cierto modo pueda decirse que lo está, hasta un espacio inimaginablemente vacío seguiría teniendo, en un nivel cuántico o microscópico, continuas variaciones cuánticas que crean y destruyen partículas. En cierto sentido, desde ese punto de vista, podría afirmarse que está creándose algo a partir de nada.

Por otro lado, es posible imaginarse una forma más extrema de “nada”, en la que ni siquiera exista el espacio. ¿Podría en ese caso crearse algo a partir de ella? La respuesta a esa cuestión es que no lo sabemos, pero no existe nada en las leyes de la física que lo impida. Normalmente, el argumento de que eso no es posible se basa en algo que tiene relación con el principio de conservación de la energía. Así, existe la idea de que a partir de una nada, un cero, no es posible crear una cantidad positiva de algo, porque la energía debe ser conservada. No obstante, podemos partir de una energía cero y que se produzca alguna clase de fenómeno, como fluctuaciones cuánticas o algún otro, que cree energía positiva, en la forma de masa, pero también energía gravitatoria negativa, de modo que ambas se anulen mutuamente.

De ese modo, continúa habiendo un estado cero antes y después, pero se ha pasado de no haber nada, ni espacio, ni tiempo, ni materia, ni energía, a que surja repentinamente espacio, tiempo, materia, energía y fuerza gravitatoria negativa, que equilibra la energía positiva que se cree.

No sabemos si nuestro universo se encuentra en un estado global de energía cero, pero podría ser que sí. No hay nada que prohíba que la suma de toda la energía positiva y la gravedad negativa del universo dé cero como resultado. Y una teoría sobre el big bang plantea que éste fue un evento que generó repentinamente esa clase de fluctuación cuántica y dio lugar al universo que conocemos. Se crearon, a partir de la nada, el espacio, una energía positiva y energía gravitatoria negativa, a raíz de un fenómeno cuántico aleatorio.

Sin entrar en cuestiones religiosas, parece que el materialismo más estricto necesita algo que no esté regulado o controlado por sus propios principios. No necesariamente un dios, pero algo que sí esté fuera del puro materialismo.

La idea del materialismo surgió antes de la mecánica cuántica y de algo que todavía no comprendemos, que es la combinación entre ella y la gravedad. La física cuántica da lugar a fenómenos que no consiguen explicarse desde un punto de vista materialista. Por ejemplo, ¿cómo puede explicar el materialismo que un electrón que esté aquí en un cierto momento pueda aparecer después al otro lado del campus, o donde sea? En un sentido cuántico, existe una razón de ser y una lógica por detrás de ello, pero no veo cómo puede aplicársele a algo así una lógica materialista convencional o la tradicional lógica de causa/efecto. Es decir, creo que el materialismo surgió a partir de una concepción newtoniana de la física, pero no sé hasta qué punto encaja con la física cuántica.

Los viejos escolásticos planteaban una situación muy curiosa. Decían: si extraemos de una habitación toda la materia, toda la energía, la luz..., todo, ¿las paredes no estarían en realidad juntas? En un sentido similar, ¿en el modelo de un universo en expansión es posible imaginar un escenario en el que ya no exista energía y en que, por ello, el propio espacio pueda considerarse que ha dejado de existir?

Es posible, sí. No hay nada que lo impida. No sabemos si eso ocurrió u ocurrirá, pero es posible.

Y, en ese sentido, ese gigantesco universo, vacío ya de energía, ¿podría decirse que es equivalente a un punto, al big bang?

Exactamente. Por lo que comenté antes sobre la gravedad: es posible que se haya creado un enorme

espacio positivo que traiga consigo un campo gravitatorio que tiene una gran cantidad de energía negativa. Es algo concebible. Nada de lo que sabemos impide que a partir de una “nada” se cree repentinamente una cantidad infinita de espacio, llena de materia, energía y de campos gravitatorios.

Nuestro propio esquema mental y el modo en que pensamos condicionan nuestro modo de ver el mundo. Y eso hace que, a veces, esta visión no encaje con la realidad. Por ejemplo, ¿tiene sentido preguntar qué ocurrió “antes” del big bang?

Como acabo de decir, existe la posibilidad de que el big bang fuera un paso de una “nada” a un “algo”. De ser así, no creo que esa pregunta tuviera sentido, porque, necesariamente, el espacio y el tiempo habrían surgido en ese instante. Por otro lado, no sabemos si el big bang fue realmente el inicio del espacio y el tiempo. Eso es algo que está discutiéndose en la actualidad. Existen básicamente dos teorías distintas acerca de la evolución del universo –supongo que yo pertenezco a ambos bandos, porque he tomado parte en ambas teorías–. El objetivo es intentar explicar lo que observamos en el universo, encontrar la explicación más simple para lo que vemos.

Una posibilidad es que el big bang fuera el origen de todo, por lo que no existiría un antes y sólo tendríamos que explicar lo que ha ocurrido después del big bang. Según este modelo, para conseguir explicar lo que observamos, y puesto que lo que observamos es bastante peculiar, tuvieron que ocurrir ciertas cosas muy específicas. Así [los defensores de esta teoría] han hecho varias predicciones, que todavía estamos analizando.

La otra posibilidad es que el big bang no fue el origen del espacio y el tiempo, sino que existían antes y existen después de él. En esta nueva teoría, lo que ocurre en el big bang es la creación de una enorme cantidad de materia. Puede verse como una transformación de gravedad en materia. Es otro ejemplo de un momento de creación de una gran cantidad de materia positiva con una gran cantidad de energía gravitacional negativa. Pero el espacio y el tiempo existían antes de ese momento. Y no sólo existían, sino que ciertos hechos específicos que ocurrieron antes de ese momento y que llevaron al big bang son los que explican la estructura que observamos actualmente en el universo.

Ambas teorías dan lugar a una serie de predicciones, que en realidad son similares, pero no exactamente iguales. En la actualidad estamos haciendo

ciertas mediciones que pueden ayudarnos a establecer cuál de estos dos escenarios es el correcto, cuál encaja mejor, lo que nos permitirá tener una visión más clara acerca del big bang y saber si éste es el origen de todo o no.

Quizá le parezca una pregunta tonta, pero, ¿qué son el espacio y el tiempo?

Es una buena pregunta. Es una pregunta profunda. Existe una noción clásica acerca de qué pueden ser [el espacio y el tiempo], pero realmente no sabemos qué son en un nivel cuántico. El espacio y el tiempo están relacionados con la gravedad. El concepto que tenemos hoy sobre ella se debe a Einstein. Según él, no es una fuerza que se da entre dos objetos, sino que consiste en una interacción entre la energía y el espacio-tiempo, y viceversa. Así, un objeto con materia crea una distorsión en el espacio, y una distorsión indica en realidad la presencia de materia y energía. Esa es la visión clásica de Einstein, que no consideraba la física cuántica. Para dar una respuesta correcta, en un sentido profundo, a la pregunta de qué son el espacio y el tiempo habría que introducir aquélla en ese concepto, pero eso todavía no ha sido posible.

Lo mejor que tenemos al respecto es la teoría de cuerdas. Esta cuenta con una teoría cuántica de la gravedad, que afirma que es un fenómeno aparente o “emergente” debido a fluctuaciones cuánticas de un mar de cuerdas de cuantos o de otras estructuras más complejas... Voy a poner un ejemplo. Si pensamos en una ola marina, la imaginamos como un objeto perfectamente armónico y continuo, pero si la observáramos de cerca, con un microscopio, nos daríamos cuenta de que está compuesta por moléculas. De hecho, a ese nivel, sólo veríamos grupos de moléculas, unos más alejados y otros más próximos entre sí. Ni siquiera sabríamos decir que todo eso forma parte de algo continuo, de una ola, sino que nos parecería una simple acumulación de moléculas.

El concepto de la teoría de cuerdas es similar a esto, en cierto modo: si analizáramos de cerca el espacio vacío, nos daríamos cuenta de que pierde su continuidad, tan familiar para nosotros, y veríamos algo que se asemejaría a cuerdas que vibran e interactúan. En principio, lo mismo podría aplicarse al tiempo, ya que, por lo que sabemos, el espacio y el tiempo están ligados. Esta es la teoría. No obstante, aún no sabemos si es correcta o no. Por eso seguimos debatiéndonos con las cuestiones clave para todo lo que hemos comentado hasta ahora: la naturaleza del espacio-tiempo, la física y la gravedad cuánticas, lo que ocurrió en el big bang... Todo eso es lo que esta-

mos investigando. A veces desde un punto de vista más teórico o, en otros casos, como en el mío, a través de la cosmología, que puede darnos una pista por ejemplo acerca de si el big bang es o no el origen [del universo], lo que a su vez puede darnos pistas sobre qué tipos de fenómenos se dan en casos de temperaturas y presiones extremas. Pero seguimos sin tener todas las respuestas. En eso estamos inmersos. También los investigadores del LHC.

Está bien no tener todas las respuestas...

Por supuesto. Hay personas que dicen que la ciencia está llegando a su fin, pero creo que eso no tiene sentido. Cada vez que conseguimos resolver una cuestión, aparecen dos nuevas, que son aún más excitantes. El mero hecho de que podamos hacernos preguntas de esa magnitud y que seamos capaces de analizarlas, a través incluso de observaciones y mediciones, es emocionante.

¿Cuál es el origen del modelo cíclico? ¿Qué postula?

Para mí, empezó porque quise averiguar si existía una alternativa a la teoría de que el big bang era el origen de todo y que, en consecuencia, el universo actual se explicaba analizando lo que ha ocurrido desde entonces. En esta visión, el universo es inicialmente muy poco uniforme. Luego, se da un periodo de expansión, que lo “estira” de un modo casi inimaginable, “suavizándolo” y creando además pequeñas desigualdades en la distribución de la materia y la energía, que deberían manifestarse en la radiación de fondo y la propia distribución de las galaxias.

En cierto momento, descubrimos un nuevo tipo de energía, que está apoderándose del universo y a la que llamamos energía oscura. Podría ser algo así como la energía del vacío. Es la que hace que el universo se acelere y que, como resultado, vaya quedándose cada vez más vacío, de modo que llegue un punto –esa es la teoría– en que se convertirá en una gran nada donde sólo quedará la energía del vacío. Hasta el momento, los datos parecen corroborar estas hipótesis, pero ¿cómo podemos estar seguros de que son ciertas?

Una opción es idear nuevas pruebas que traten de verificarlas. Otra, es intentar elaborar una teoría alternativa. Eso es lo que yo hice al imaginar el modelo cíclico del universo. Lo que realmente me inspiró en un principio fueron ciertas ideas de la teoría de cuerdas. En su intento de elaborar una teoría cuántica de la gravedad, reintrodujo el viejo concepto de la exis-

tencia de otras dimensiones. También introdujo la idea de que el universo que vemos podría ser una mera superficie [brana] embutida en un espacio con una dimensión extra donde podría existir una superficie similar [otra brana]. Este tipo de geometría implica que nosotros podemos percibir todo lo que ocurre en nuestro universo, pero no lo que sucede en esa otra superficie.

Este escenario se eligió por razones que no tienen que ver con la cosmología en sí, sino con la física de partículas, para explicar ciertas propiedades suyas. Pero si se elabora una teoría que modifica nuestra perspectiva sobre la geometría y la topología del universo, es necesario establecer si eso modifica también nuestra perspectiva sobre la cosmología, porque la cosmología es, en definitiva, la historia del espacio-tiempo. Y así nos dimos cuenta de que si el universo tuviera realmente ese tipo de geometría, entonces sería posible imaginar un universo inicial vacío, donde podría ocurrir una colisión repentina que crearía al instante materia y radiación. Y eso parecería un big bang, pero no sería en realidad un comienzo, ya que habría algo antes y después, el espacio y el tiempo ya existirían previamente. Pero, en cada superficie [brana], esta colisión sería equivalente a que hubiera un universo vacío en el que, de repente, por alguna razón, la energía gravitatoria se convierte en materia y radiación. Así es como lo interpretaríamos nosotros.

Esta es la idea con la que comenzamos. Luego, nos dijimos si podríamos, desde ese nuevo punto de vista, reinterpretar todos los datos y las observaciones astronómicas que tenemos. Si podríamos poner de lado la teoría inflacionista y sustituirla por un nuevo conjunto de ideas. Y descubrimos que sí. En ese momento fue cuando desarrollamos una segunda idea fundamental, que no sólo nos permitía explicar nuestro pasado más lejano, sino que explica, da un sentido, a la existencia de la materia oscura. Además, nos da también una visión distinta sobre el futuro de la que ofrece la teoría tradicional [del big bang].

Hay ciertos aspectos de ella que no encajan y no han sido suficientemente explorados, quizá porque era la única teoría que teníamos. Básicamente, su principal problema es que, una vez que se inicia la expansión, ésta nunca se detiene. Lo hace en algunas partes del universo, pero en otras continúa indefinidamente. Es lo que se llama expansión eterna. Y, en esa situación, la expansión acaba creando partes del universo que son como la nuestra, pero también otras que no lo son; un número infinito de ambas.

Muchas personas, incluido yo mismo, han defendido que la teoría del big bang era capaz de hacer

predicciones. Pero cuando la unimos con lo que ahora sabemos de los efectos cuánticos, en lugar de obtener lo que sería de esperar, lo que ocurre es esa expansión eterna que da lugar a un número infinito de partes del universo con propiedades físicas distintas. Por tanto, yo diría ahora que no está nada claro que dicha teoría sea capaz de hacer predicciones. Y ésta es una situación inusual. Normalmente, se sabe que una teoría no es correcta porque una observación la contradice, pero ningún tipo de observación es capaz de establecer que una teoría no tiene ninguna capacidad de hacer predicciones.

La verdad es que no sabemos muy bien qué hacer con respecto a esto. Estamos barajando todas esas ideas e intentando averiguar si es posible salvar esa teoría y determinar si tiene o no algún sentido. Como digo, es una situación inusual. Porque, por un lado, si preguntas a los astrónomos cuál es la teoría principal [sobre el universo], responden que la teoría expansionista. Dejan de lado el problema de la expansión eterna y asumen que será resuelto. Pero llevamos veinticinco años trabajando en ello y todavía no hemos encontrado la solución. El secreto, el sucio secreto, es que esa teoría no es capaz de hacer predicciones. Esta es la clave que nos obliga, creo yo, a considerar esa otra alternativa, la de que el big bang no es el inicio [del universo].

Muchos científicos importantes tienen una visión crítica sobre la teoría de supercuerdas. Dicen que se trata más de ciencia-ficción que de ciencia, aunque sea la principal teoría sobre la unificación de las fuerzas [electromagnetismo, gravedad e interacción nuclear fuerte y débil]. ¿Cuál es su opinión sobre estas críticas?

El problema con la teoría de cuerdas es que hay dos bandos con sendas visiones opuestas que están, ambas, equivocadas. Una, es que la teoría de cuerdas es la única solución. Y, la otra, es que se trata de ciencia-ficción y que no es correcta. Lo cierto es que no podemos afirmar ni lo uno ni lo otro. La teoría de cuerdas está todavía en desarrollo. Se trata de un caso raro en la historia de la ciencia, porque, normalmente, una teoría científica pasa de la fase de concepto a la de pleno desarrollo en unos pocos años. La teoría cuántica es un ejemplo de eso. Puede decirse que su desarrollo duró unos veinte años, para llegar desde Planck hasta la aparición de teorías razonablemente evolucionadas, hacia los años veinte. Se trata de un periodo considerable de tiempo, en el que hubo mucha confusión y muchos debates y discusiones sobre si [sus partidarios] estaban locos o era todo

ciencia-ficción..., el mismo tipo de discusiones que tenemos hoy en día.

No obstante, tenían la enorme ventaja de disponer de un gran número de observaciones a las que recurrir. Cada vez que se quedaban atascados, encontraban nuevas observaciones experimentales que les ayudaban a dilucidar por dónde seguir avanzando. Por el contrario, la teoría de cuerdas tiene el inconveniente de que analiza energías y lapsos de tiempo que no son replicables en el laboratorio, o ni tan siquiera desde un punto de vista cosmológico. Por eso, su desarrollo ha sido puramente teórico y eso es algo complicado de sobrellevar. Dedicarse a la teoría de cuerdas es un riesgo, ya que puede ocurrir que siga adelante o que sea sustituida por unas nuevas teorías.

Yo también asumí un riesgo con la teoría cíclica, que también podría no haber sobrevivido, aunque eso no haya pasado por ahora. Lo que ocurre con la teoría de cuerdas es que hay más personas de lo habitual que están corriendo ese riesgo con ella. ¿Y por qué lo hacen? Yo creo que porque se trata de una teoría muy rica, que contiene una gran cantidad de conceptos que hoy sabemos sobre la física cuántica o la gravedad. Es un panorama interesante. Quizá no sea el más saludable para la ciencia, por el alejamiento de esta teoría con respecto a la experimentación, pero ahora mismo no tenemos otra alternativa. Eso puede cambiar en los próximos diez años. Es posible que observaciones hechas en el LHC o cosmológicas nos lleven a pensar que la teoría de cuerdas va por el buen camino o que no. Creo que está a punto de surgir un nuevo conjunto de observaciones y experimentos que resultarán muy excitantes y que inspirarán nuevas ideas. Y ya veremos lo que ocurre...

Max Planck luchó contra su propia teoría. O Einstein, que ganó el premio Nobel de Física por su explicación del efecto fotoeléctrico usando la teoría cuántica, aunque también luchó contra ella.

El problema aquí es que las teorías tardan tanto en desarrollarse. Si, en vez de veinte años, la teoría cuántica hubiera tardado cien años en hacerlo, el debate habría sido aún peor. Muchos investigadores de los años diez o veinte consideraban la cuántica una locura. Decían que no se trataba de verdadera física, que no tenía conexión con la realidad o que era demasiado retorcida. En este caso, sabemos que es una historia con un final feliz, pero no sabemos qué ocurrirá con la teoría de cuerdas. Puede ser que lleguemos a la conclusión de que no era el camino correcto, pero, ¿cómo podemos saberlo? El único

modo de encontrar la respuesta es explorar ese camino. Y, normalmente, incluso de los errores aprenderemos mucho. Los científicos tienen que tomar decisiones. Es todo muy bonito cuando estudiamos la historia de la ciencia y vemos que existía una pregunta, de la que se le encontró una respuesta y una prueba de que era correcta. Pero cuando nos centramos en la ciencia actual, las cosas no funcionan de un modo tan simple. Estamos confundidos, no hay certezas, probamos distintas hipótesis. Y, aunque se hable mucho del método científico, los humanos no piensan como robots, y por eso tenemos en consideración todas las ideas posibles. Eso nos lleva a veces a cometer errores o a dar grandes rodeos. Pero, si la comunidad científica es lo suficientemente brillante, al final acaba por aprender de esos errores y consiguiendo centrarse.

Las personas tratan siempre de tener certezas, pero los científicos parecen estar continuamente saltando de una idea a otra.

Sí, yo creo que esa es una cualidad fundamental de la ciencia, frente, por ejemplo, a las convicciones religiosas. En ciencia, si no sabes algo, simplemente dices “no lo sé”. Esa es una postura admisible, en lugar de afirmar que lo sabes todo. Yo no espero encontrar, a lo largo de mi vida, respuestas a todas las preguntas. No me gustaría, porque quiero que las generaciones futuras disfruten tanto como yo disfruté de intentar descubrir las respuestas.

Los experimentos del CERN, en el LHC, ¿pueden dar pistas sobre el big bang o la teoría cíclica?

Es posible, aunque sería de un modo muy indirecto, porque en cosmología barajamos unos niveles de energía y temperatura muy superiores a los que pueden obtenerse en el LHC. Por eso, aunque éste sea el mayor acelerador de partículas que es posible construir, para nosotros no es suficiente. La ventaja de los aceleradores de partículas es que pueden hacerse en ellos experimentos muy controlados y medidas extremadamente precisas. Pero no permiten alcanzar energías tan elevadas. Me sorprendería que el LHC sea capaz de cambiar nuestra noción del espacio-tiempo. Aunque quizá las dimensiones extras no sean tan pequeñas como creemos y sí lo suficientemente grandes para que su existencia quede demostrada por el LHC. Eso sí podría cambiar nuestra noción del espacio-tiempo y hacer que nos volviéramos hacia la cosmología para establecer las implicaciones de algo así. Pero creo que es improbable que eso ocurra.

Ha habido una gran controversia acerca de los experimentos que van a llevarse a cabo en el LHC. Esta es la pregunta frívola de la entrevista: ¿existe algún peligro real en esos experimentos, como que se genere un agujero negro o algo similar?

No.

¿Es muy improbable o es imposible? Se puede ganar la lotería aunque sea muy improbable...

Bien, “imposible” es una palabra que nunca me gusta utilizar. Pero, imagino que la cuestión es si existe algún riesgo significativo. La respuesta es que no. En la propia naturaleza se dan continuamente esa clase de fenómenos. No aquí, en la Tierra, pero sabemos que hay situaciones en las que partículas se aceleran a altas velocidades y luego chocan. Y no vemos que ocurran esa clase de desastres.

¿Cuál es su sensación sobre la ciencia actual? ¿Cree que están dándose los pasos adecuados y que está yéndose por el buen camino?

Con la teoría cíclica tuve la sensación de que era algo prometedor aun antes de conseguir desarrollarla. Y no siempre tengo esa sensación con respecto a mis ideas. Pero cuando eso ocurre, cuando tengo esa extraña impresión de que voy por el camino correcto, resulta excitante.

En cuanto al asunto de cuál es mi sensación sobre la ciencia actual, creo que, en general, la comunidad científica está un tanto atascada y que eso tiene que ver con lo que comentaba antes sobre la teoría de cuerdas y el hecho de que haya tantos científicos que la critiquen. Hay muchos que están trabajando en ella y otros muchos que no lo hacen y que critican a los otros. Lo mismo ocurre con la teoría inflacionista. Lo que yo creo es que ambas teorías resultaban más prometedoras en un principio de lo que han acabado siendo, ahora que sabemos mucho más acerca de las dos. No está claro que ofrezcan lo que se suponía que iban a ofrecernos. La teoría del big bang debía explicar el universo que tenemos y, sin embargo, da lugar a un número infinito de posibilidades. No esperábamos algo así. Y, por tanto, no deberíamos seguir pensando que esa teoría es tan válida como creíamos en un principio. Quizá habría que plantearse descartarla o, como mínimo, corregirla, en lugar de admitirla sin más, tal cual está. De modo similar, la teoría de cuerdas pretende ser una teoría unificada que lo explique

todo. Sin embargo, ahora mismo estamos confusos acerca de ella, porque parece que da lugar a muchos conjuntos posibles de leyes físicas y universos de baja energía, y no explica por qué nuestro universo es cómo es y no de otro modo.

Hay un problema con el hecho de que una teoría sea la principal durante mucho tiempo, y es que las personas tienden a veces a aferrarse a ella más de lo que deberían. Y quizá eso es lo que esté ocurriendo ahora. Quizá haya llegado el momento de hacer cambios radicales. O puede que haga falta una idea completamente nueva para seguir adelante.

En la teoría cíclica hay ciclos, claro está. Pero, con independencia del número de ciclos que se hayan ya producido, debería haber un origen, un verdadero inicio. ¿O no es así?

Ambas opciones son posibles. Pero creo que es interesante reseñar que, hasta ahora, pensábamos que *debía* haber un origen. El big bang era el origen. Incluso cuando en los años veinte o treinta se hablaba de ciclos, siempre se admitía que, por la segunda ley de la termodinámica, debía existir un inicio para el tiempo. Sin embargo, en nuestra teoría cíclica podemos en cierto modo rodear ese asunto, ya que es posible que exista un origen –eso es perfectamente coherente con la teoría–, pero, por lo que sabemos hasta ahora, también es posible que no sea así. Por tanto, hemos ampliado las opciones.

Lo que ocurriera en el big bang es fundamental, porque determina cuál será el futuro del universo. En una de las posibilidades [de ser correcta la teoría del big bang], éste se convertirá en un lugar desolado. Esto significa que presenciaremos ciertos fenómenos complejos e interesantes en determinadas zonas del

universo, que luego acabará convirtiéndose en algo aburrido y vacío. Y eso lleva a un universo casi sin sentido, donde todo es un fenómeno que ocurre una sola vez y que carece de relevancia o importancia.

En la otra alternativa, la que ofrece la teoría cíclica, tenemos un universo en el que constantemente se crean nuevas estrellas y galaxias y en el que somos un capítulo de una historia que aún está desarrollándose. En esta perspectiva, también podemos asumir que el universo completo es similar, y que observando nuestra parte del mismo podemos sacar conclusiones globales sobre él. Es más, puesto que los ciclos son básicamente iguales, somos capaces de aprender algo sobre la historia del universo. Por eso, aunque nuestra visión de éste sea limitada, podemos aprender mucho acerca de él. En la teoría expansionista, donde partes distintas del universo pueden ser muy diferentes, sólo podríamos conocer la nuestra. Ni tan siquiera podríamos llegar a saber si es más o menos típica, ni nada similar.

Por todo esto, la cuestión fundamental es cómo se relaciona el big bang con el futuro del universo. Y, para mí, eso implica que si el big bang es el origen de todo, entonces estaremos muy limitados en cuanto a qué podemos saber sobre el universo y seremos un caso más; incluso nuestras leyes físicas lo serían. La otra opción, por el contrario, ofrece la esperanza de que podamos ser capaces de comprender el universo en un sentido global, así como las leyes que lo rigen en su totalidad. Por tanto, cómo el pasado condiciona el futuro es lo que a mí me parece la cuestión más importante entre todas estas grandes cuestiones. Y resulta muy excitante que no se limite a un asunto filosófico, sino que tenga consecuencias empíricas y experimentales que nos permitirán, quizá en un futuro no muy distante, saber qué visión es más probable.