

EL ORIGEN DEL UNIVERSO Y LA EXISTENCIA DE DIOS

THE ORIGIN OF THE UNIVERSE AND THE EXISTENCE OF GOD

Justo Aznar^a

Fechas de recepción y aceptación: 16 de marzo de 2016, 2 de septiembre de 2016

Resumen: En este trabajo se plantea lo que un no-físico debería saber sobre la estructura de la materia, su origen y el desarrollo del Universo, para, sobre esa base científica, plantear una reflexión sobre cómo se inició nuestro Universo y en qué medida o no pudo participar en ese inicio un Dios creador.

El trabajo se estructura en seis capítulos y una reflexión final. En el primero se aborda el estudio de las partículas más elementales que componen la materia; en el segundo las fuerzas que las unen; en el tercero las teorías del mundo subatómico; en el cuarto el Big Bang y las primeras etapas de desarrollo del Universo; en el quinto la formación de los primeros atisbos de materia y en el sexto la teoría de un Universo infinito, como una solución a la no necesidad de que nuestro Universo se hubiera tenido que iniciar en un momento determinado.

En la reflexión final se plantea la racionalidad de la posible existencia de un Dios creador, a la luz de los actuales conocimientos científicos sobre el origen de nuestro Universo.

Palabras clave: origen del Universo, partículas elementales, teorías del mundo subatómico, Big Bang, desarrollo del Universo, Dios creador.

^a Director del Observatorio de Ciencias de la Vida en la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

Correspondencia: Calle Guillem de Castro, 94. 46001 Valencia. España.

E-mail: justo.aznar@ucv.es



Abstract: This paper presents what a non-physicist should know about the structure of matter, its origin and the development of the Universe in order to, on that scientific basis, reflect on how our Universe began and to what extent a Creator God could or could not have participated in that beginning.

The paper is structured into six sections and a final reflection. The first deals with the study of the most elemental particles that make up matter; the second with the forces that bind them; the third with theories of the sub-atomic world; the fourth with the Big Bang and the early stages of development of the Universe; the fifth addresses the formation of the first traces of matter, and the sixth the theory of an infinite universe, as a solution to the non-necessity that our Universe would have had to begin at a certain moment.

The final reflection considers the rationality of the possible existence of a Creator God, in the light of current scientific knowledge on the origin of our Universe.

Keywords: origin of the Universe, elementary particles, subatomic world theories, Big Bang, development of the universe, creator God.

§1. INTRODUCCIÓN

Permítanme que antes de entrar de lleno en el tema, haga primero una pequeña digresión personal. Cuando empecé a reflexionar sobre el origen del Universo y la existencia de Dios, me di cuenta de que mis conocimientos sobre Física, necesarios para entender algo de esos instantes iniciales de nuestro Universo, eran absolutamente insuficientes para poder profundizar en lo más elemental sobre lo que estaba estudiando. Por ello, pensé que era necesario ampliar mis pequeños saberes en esta área del pensamiento, no con el ánimo de ser un experto en ello –cosa por otro lado imposible para mí– sino para tratar de adquirir los conocimientos básicos necesarios para poder ir entendiendo –si eso era posible– algo relativo al origen y naturaleza del Universo y especialmente del Big Bang, y sobre todo a los momentos anteriores a él, todo ello dirigido a tratar de determinar si la creación es una acción única y exclusiva de Dios. Si Dios no es un factor a tener en cuenta, sino el único factor de la creación.



Afirma Weinberg (2015: 12), en su célebre libro *Los tres primeros minutos del Universo*, que ha

escrito para un lector que está dispuesto a abordar argumentaciones detalladas, pero que no está familiarizado con la matemática ni con la física y –continúa Weinberg– me figuro al lector como un astuto viejo abogado que no habla mi lenguaje, mas espera, ello no bastante, oír algunos argumentos convincentes antes de formarse un juicio.

Consecuentemente haré referencia a lo que creo que un no-físico debería como mínimo saber sobre la estructura de la materia originaria del Universo y sobre el desarrollo de este, con el fin de tratar de bucear sobre este tema e incluso intuir, si fuera posible, cómo llegó a constituirse esa materia inicial y poder relacionarlo con la reflexión sobre la existencia de Dios, punto crucial en el dialogo entre Ciencia y Fe, tan de actualidad, aun teniendo constancia, como afirma McGrath (2016: 272), de que

las líneas fronterizas entre ciencia y fe son objeto de permanente disputa y están mal definidas. Pero allí donde algunos ven fronteras que hay que defender y patrullar, yo veo confines precisos que piden a gritos que los exploremos y las transgredamos de forma creativa y productiva.

En este elemental texto, se abordan cinco temas fundamentales: a) las partículas últimas que componen la materia; b) las fuerzas que las unen; c) las teorías del mundo subatómico; d) el Big Bang y las primeras etapas de desarrollo del Universo; e) la formación de los primeros atisbos de materia; f) la teoría de un Universo infinito, y g) una reflexión final.

§2. ESTRUCTURA DE LA MATERIA. PARTÍCULAS QUE LA COMPONEN

Hasta principios del siglo XX se creía que la materia estaba constituida, en su estructura elemental, por átomos. Sin embargo, pronto se comprobó que el átomo estaba constituido por tres partículas elementales, protones, neutrones y electrones. Ambas partículas, protones y neutrones, cuando forman parte del núcleo atómico, reciben el nombre de nucleones. Ahora se conoce (Ent, Ullrich



y Venugopalan, 2015: 26) que tanto protones como neutrones están a su vez constituidos por otras partículas más elementales, los quarks, que se mantienen unidos entre sí por otras partículas, los gluones, que actúan como una especie de pegamento entre ellos. También se sabe que, tanto protones como neutrones, contienen tres quarks primarios cada uno.

Se han descrito seis tipos de quarks, agrupados en tres generaciones y seis parejas, pero solo la primera, la formada por los quarks denominados «arriba» (tipo u, de *up*, 'arriba') y «abajo» (tipo d, de *down*, 'abajo'), es estable e interviene en la formación de protones y neutrones. Las otras dos parejas, las formadas por los quarks «encanto» y «extraño», y «cima» y «fondo», son inestables, se desintegran con rapidez y no forman parte de la materia ordinaria de nuestro Universo. Todos ellos tienen masa, siendo el quark cima el que la tiene mayor. El cima es la partícula elemental con mayor masa de todas las partículas conocidas (Aguilar Saavedra, 2016: 12), pues pesa casi tanto como un átomo de oro.

Por su elevada masa el quark cima se desintegra tan rápidamente que no le da tiempo para formar ningún «chorro hadrónico», es decir, a diferencia de los otros quarks el cima no se hidroniza, sino que se desintegra. En este sentido se parece más al bosón de Higgs o a los bosones W y Z.

¿Pero qué es el chorro hadrónico? Los quarks tienen una propiedad que los distingue del resto de las partículas elementales: siempre tienen que vivir en compañía de otros quarks. El hecho de que los quarks no puedan existir aislados implica que, si se intenta crear un nuevo quark, utilizando un instrumento adecuado, éste en seguida buscará compañía. Tanto es así, que, si no la encuentra, arrancará quarks virtuales del «vacío cuántico» para emparejarse con él, por lo que cada vez que en el vacío se genera un «quark libre» este se rodeará de inmediato de una avalancha de quarks que viajan a la misma velocidad que el quark inicial. Esta avalancha recibe el nombre de «chorro hadrónico» (Vos y Villaplana, 2015: 10).

Uno de los aspectos más peculiares de los quarks es que se hallan siempre «confinados», incluso en los medios experimentales, pues no pueden existir aislados, sino que se observan solo agrupados en partículas mayores, como los protones. Se ha sugerido que el «confinamiento» puede ser debido a la existencia de unas «cuerdas elásticas» que mantienen unidos a los quarks, lo que daría fundamento a la teoría de cuerdas, a la que más adelante nos referiremos. Hoy en día se cuenta con una gran cantidad de datos favorables a la teoría del «confinamiento», si bien aún se carece de una demostración matemática que la sustente.



Otra circunstancia física destacable es que, entre la masa del protón y el neutrón, existe una minúscula diferencia. En términos relativos la masa del protón es menor que la del neutrón, aunque esta diferencia, con un valor relativo del 0,14 %, es muy pequeña (de hecho, la diferencia de masa entre protón y neutrón solamente equivale a 2,52 veces la masa del electrón). Dos son las principales razones que pueden explicar dicha diferencia de masa: la interacción electromagnética y la diferencia de masas de los quarks que conforman neutrones y protones, pues el neutrón está formado por un quark de tipo «arriba» y dos de tipo «abajo», el protón en cambio contienen dos «arriba» y uno «abajo». Dado que los quarks «abajo» poseen una masa mayor que los quarks «arriba», ello podría condicionar las diferencias de masa.

Otro aspecto que hay que tener en consideración es que el protón no tiene al parecer una forma esférica (Merinero, 2014: 3), sino que podría presentar en algunos casos una forma lobulada o esférica de radio variable.

Ahora también se conoce que, en la constitución de protones y neutrones, además de los tres referidos quarks, existe una especie de masa indeterminada formada por quarks, antiquarks y gluones. En ella, el tándem quarks y antiquarks aparece y desaparece continuamente, dando lugar a una estructura nuclear muy inestable que se ha venido a denominar «espuma cuántica». Como más adelante se hará referencia, la existencia de ese entorno cuántico tan inestable es básico para tratar de dar respuesta a algunas preguntas fundamentales relativas al origen de la materia.

Pero además de los quarks, constituyentes de protones y neutrones, cada día se va conociendo la existencia de otras partículas *subnucleares*. A las partículas formadas por quarks se las denomina hadrones. Entre ellas se encuentran los leptones, la clase de partículas a la que pertenecen los electrones, muones, tauones y tres tipos de neutrinos. Al conjunto de quarks y leptones se lo denomina fermiones.

Los leptones incluyen seis partículas agrupadas en tres parejas de electrones y neutrinos.

Más de medio siglo después de su hallazgo experimental, los neutrinos siguen siendo unos grandes desconocidos (Vos y Villaplana, 2015: 10). Los neutrinos no poseen carga eléctrica. Su masa es ínfima, menos de la millonésima parte de la siguiente partícula más ligera, el electrón. Dada su reducidísima masa apenas interactúan con la materia, por lo que pueden atravesar sin problemas cual-



quier barrera física, y son muy difíciles de detectar. De ahí que, en ocasiones, se los haya denominado “partículas fantasma”.

Los neutrinos pueden metamorfosearse, fluctuando su identidad, dando lugar a las tres variedades o «sabores»: el neutrino electrónico, el muónico y el tauónico. Aunque no es seguro que solamente existan esos tres tipos de «sabores», pues recientemente se ha sugerido la existencia de una nueva partícula: el neutrino estéril, que solo puede ser detectado por medios indirectos.

Además, los neutrinos pueden ser dextrógiros o levógiros. Los neutrinos levógiros experimentan la interacción nuclear débil y la gravitatoria, no así los dextrógiros, por lo que estos últimos aún son más difíciles de detectar.

Todas las partículas del modelo estándar tienen su correspondiente antipartícula, con carga eléctrica idéntica y opuesta. Así, la carga del electrón es -1 y la del antielectrón, o positrón, es $+1$. Cuando un electrón y un positrón chocan sus cargas se neutralizan y ambas partículas se aniquilan, no dejando tras de sí ningún destello de radiación.

En las leyes ordinarias que rigen el Universo se constata que el número de leptones menos el de antileptones se conserva fijo. A esto se denomina «número leptónico». Sin embargo, los neutrinos no se atienen a esta regla, lo cual genera un desequilibrio entre la cantidad de materia y antimateria.

Esta asimetría desempeñó un papel fundamental en la evolución inicial del Universo, pues, si después del Big Bang la materia hubiese sido igual a la antimateria, ambas se habrían aniquilado y no habrían dejado ningún rastro de materia para formar los planetas e, incluso, los seres vivos tal como ahora los conocemos.

§3. FUERZAS FUNDAMENTALES DE LA NATURALEZA

¿Pero cómo se mantienen unidas estas partículas? Estas partículas se mantienen unidas por cuatro tipos de fuerzas fundamentales: gravitatoria, electromagnética, fuerza nuclear de interacción fuerte y fuerza nuclear de interacción débil, cada una de las cuales está asociada a un tipo de partícula.

Los fotones, carentes de masa, son las partículas elementales que dan soporte a la fuerza electromagnética, fuerza que disminuye a medida que las partículas se alejan unas de otras, disminución que se propaga hasta el infinito.



En los gluones, también carentes de masa, se ubica la interacción nuclear fuerte, que sirve para ligar los quarks, es decir, es la fuerza que mantiene ¿constituidos? protones y neutrones dentro del núcleo atómico. Una característica peculiar de la interacción nuclear fuerte es que no actúa más allá del núcleo atómico, y otra es que la atracción aumenta a medida que las partículas se alejan entre sí.

La fuerza nuclear débil se inserta en un grupo de partículas denominadas Z y W, que sí que contienen masa.

Las cuatro interacciones tienen diferente intensidad.

Si arbitrariamente se asigna el valor de una unidad a la fuerza nuclear fuerte, la interacción electromagnética tendría una fuerza igual a 0,01, la fuerza nuclear débil 10^{-6} y la interacción gravitatoria, la más débil de todas, 10^{-40} , por lo que las interacciones varían desde prácticamente el infinito hasta los 10^{-3} femtometros¹ (Pérez-Bernal, 2015: 122.).

Los cuatro tipos de partículas responsables de las interacciones subnucleares: gluones, fotones, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil, se incluyen en el grupo genérico de los bosones. A este grupo se ha añadido recientemente el bosón de Higgs, con masa mayor que las partículas Z y W.

Sin embargo, existen preguntas sin contestar, entre ellas: ¿por qué los bosones tienen masas tan diferentes?, pues la del fotón es cero y la de las partículas W y Z es muy grande, lo que provoca profundas diferencias entre las interacciones electromagnéticas y la fuerza nuclear débil, y también ¿por qué existen los leptones, siendo el electrón el más ligero y la masa lo único que los distingue? Esto que parece una cuestión sin repercusiones prácticas es muy importante, porque la más mínima variación en los valores de la masa haría que el Universo fuera radicalmente distinto del que conocemos.

Para tratar de explicar estas diferencias de masa se propuso en 1964 el denominado «mecanismo de Higgs», que propone la existencia de un campo, «el campo de Higgs», que llena todo el espacio. La masa de las partículas se constituye en razón de la interacción de dichas partículas con el «campo de Higgs».

Desde que se propuso, 1964, hasta muy recientemente, la existencia del «campo de Higgs», que constituye una parte fundamental del modelo estándar, no se

¹ El femtometro, también llamado fermión, es la unidad de longitud que equivale a una milbillónesima (1.000.000.000.000.000) parte del metro.



había podido demostrar experimentalmente lo que suponía una gran dificultad para entender la formación de las partículas elementales. Para poder demostrar experimentalmente la existencia del bosón de Higgs se requería un medio con una temperatura de 1.017 °C. Esto no se logró hasta que se puso en funcionamiento el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), un túnel de 27 km en el que se hacen circular haces de protones en sentidos opuestos que provocan violentísimos choques, que se detectan en cuatro gigantescos detectores. Fue así como, en julio de 2012, se detectó la evidencia de una nueva partícula, con las características del bosón de Higgs. En 2013 se confirmó que la partícula se comportaba tal y como el modelo estándar había previsto. Ese mismo año se otorgó el Nobel de Física a Peter Higgs y a su colega François Englert.

Pero ¿cuándo y cómo se constituyó el «campo de Higgs»? Cuando el Universo se formó hace 13.500 millones de años, la energía era enorme y en ese momento las cuatro fuerzas se comportaban del mismo modo. Pero, al irse enfriando, estas fuerzas fueron llegando a la situación actual.

En algún momento de la evolución del Universo se separaron las interacciones electromagnéticas y la fuerza nuclear débil, y probablemente la más decisiva de esas transiciones, es la que tuvo lugar con la aparición del campo de Higgs, solamente 10^{-14} segundos después del Big Bang.

§4. TEORÍAS DEL MUNDO SUBATÓMICO

Uno de los grandes retos de la física moderna es tratar de encontrar una teoría unificada que dé fundamentación matemática a los distintos tipos de partículas que constituyen la materia y a las fuerzas que las cohesionan.

Para ello se han propuesto diversas teorías, que han ido cambiando a medida que los conocimientos físicos han ido avanzando, entre ellas la mecánica cuántica; el modelo estándar; la teoría de cuerdas; la supersimetría y la supersimetría oscilante, todas ellas en busca de lo que se podría denominar la «teoría del todo», capaz de aunar las interacciones fundamentales conocidas en un único conjunto de ecuaciones matemáticas que las sustenten.



4.1 *Mecánica cuántica*

A principios del siglo XX se desarrolló la mecánica cuántica, que permite describir el Universo a muy pequeñas escalas, en las que la naturaleza se comporta de manera inesperada, como ocurre con el principio de indeterminación, la determinación probabilística de la realidad y la dualidad onda-partícula. Quizá sea esta última la más sorprendente.

La formulación de la mecánica cuántica no se basa en unas leyes concretas, como la gravedad o el electromagnetismo, sino en buscar una idea en la que encaje la evidencia experimental. Por eso la mecánica cuántica ha sido polémica desde sus orígenes y continuamente cuestionada por motivos ajenos a la física. Sin embargo su existencia es irrefutable (Galadí Enriquez, 2015: 45).

El estudio de fenómenos a nivel atómico dejaba claro que las leyes físicas no eran suficientes para explicarlos. La mecánica cuántica se propuso para tratar de dar luz a estos problemas. Su ¿fundamento? fue establecer el carácter ondulatorio de la materia. George Paget Thomson, quien recibió el premio Nobel de Física en 1937, fue el primero que propuso que el electrón es una onda.

Además, la mecánica cuántica introdujo también el concepto de partículas simétricas, concepto que no existía en la física clásica, es decir, el de las antipartículas, que encuentran su expresión matemática en la «ecuación de Dirac», que consigue compatibilizar la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad general, y sobre la que, naturalmente, no podemos profundizar aquí.

4.2 *Modelo estándar*

El modelo estándar es una de las teorías más completas que ha producido la física moderna, ya que resuelve gran parte de los problemas que plantean las partículas que estructuran la materia, las fuerzas que las cohesionan y el posterior desarrollo del Universo y que, además, da respuesta a problemas tan concretos como pueden ser: la vida media de los bosones, el momento magnético del electrón y las condiciones y características de los quarks; pero hay dos aspectos que aún no encuentran cabida teórica dentro del modelo estándar: las simetrías imperfectas y la fuerza gravitatoria.



En efecto, el modelo estándar combina la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad general en un esquema que parece explicar el porqué de todas las partículas y las interacciones fundamentales de la naturaleza, salvo la gravedad.

La relatividad espacial resolvería el problema del electromagnetismo, pero no la interacción gravitatoria. Ello llevó a Einstein a desarrollar la teoría de la relatividad general, que da cabida a la gravedad. La base de la teoría de la relatividad general afirma que el espacio-tiempo no es plano –lo que se conoce como espacio euclídeo–, sino que es curvado y su curvatura depende de su masa. Según dicha teoría la gravedad afectaría la trayectoria de la luz, que se curvaría al acercarse a cuerpos masivos.

Aunque el modelo estándar da respuesta de manera excelente al mundo subatómico, las dificultades aparecen cuando nos preguntamos el porqué de sus características. Así, por ejemplo, indica que existen tres tipos de leptones: el electrón, el muón y el tauón. Pero ¿por qué tres y no menos o más? ¿Por qué la masa que tienen y no otra? La teoría estándar no da ninguna respuesta sobre ello. Para hallarla habría que explorar la realidad material a niveles más profundos.

4.3 *Teoría de cuerdas*

Para tratar de incluir la fuerza gravitatoria con las restantes fuerzas se propuso la teoría de cuerdas. La principal aportación de esta es que presupone que las partículas elementales no son puntuales, sino que están formadas por filamentos o cuerdas, que pueden estar cerradas o no.

El que las partículas sean cuerdas en vez de puntos tiene la ventaja de que pueden vibrar, lo que abre la posibilidad de que las diferentes partículas no sean más que diferentes estados vibratorios de las cuerdas. La teoría de cuerdas es una teoría científica con un alto grado de complejidad matemática que, como ya se ha comentado, pretende proporcionar una descripción unificada de todas las partículas e interacciones fundamentales a partir de ciertas entidades microscópicas extensas, a las que se han denominado «cuerdas» y sus modos de vibración. Aunque no es una teoría acabada, es considerada por muchos la más ambiciosa y con mayores posibilidades de éxito de la física fundamental, aunque es sorprendente saber que no se encuentra confirmada experimentalmente o, aún más, que se afirma que ni siquiera ofrece predicciones empíricas (Sus, 2016: 64).



En un principio la teoría de cuerdas parece resolver los problemas inherentes a las partículas compuestas por quarks y gluones, pero, sin embargo, esta teoría aún presenta lagunas, especialmente el hecho de que, al aplicarla teóricamente, aparecen partículas que no se hallan en la naturaleza, como el gravitón, que podría ser la partícula responsable de la gravitación. Otra dificultad añadida es que solo explica los hadrones con espín entero y no permite explicar los hadrones con espín semientero², como el protón y el neutrón. Pero, sin duda, la mayor dificultad es que no ha podido ser comprobado empíricamente. Estas dudas sobre la teoría de cuerdas son compartidas hoy día por numerosos físicos y filósofos (Sus, 2016: 64). Por ello, se ha ido relegando la teoría de cuerdas a un segundo plano, abriendo paso a otra, la supersimetría, que al parecer puede resolver problemas que no resuelve la teoría de cuerdas.

4.4 La supersimetría

La teoría de la supersimetría ha sido propuesta para reemplazar los modelos convencionales de la física de partículas, resolver algunos de sus profundos problemas conceptuales y explicar la naturaleza de la materia oscura. Sin embargo, tras varias décadas de búsqueda de los indicios experimentales que la fundamentan, estos siguen sin conocerse (Lykken y Spiropulu, 2014: 18).

La supersimetría constituye una bella solución a algunos de los grandes problemas que desde hace tiempo se les plantean a los físicos teóricos, ya que puede proporcionar una serie de respuestas a preguntas tan interesantes como: ¿por qué las partículas elementales tienen las masas que tienen?, ¿por qué las interacciones fundamentales presentan las intensidades que presentan? o ¿por qué el Universo es cómo es?

La principal aportación de la supersimetría es que asigna a cada partícula una pareja, llamada partícula supersimétrica.

La supersimetría postula que, al nacer el Universo, en el momento del Big Bang, las partículas que conocemos y sus parejas supersimétricas deberían estar

² Todas las partículas tienen *espín*, término que define su simetría. El espín se puede cuantificar y sus valores pueden oscilar desde $\frac{1}{2}$ a varios enteros. Una partícula de espín 1 (espín entero) necesita un giro de 360 grados para volver a su mismo estado. Una partícula de espín semientero (1/2) necesita una rotación de 720° para volver al mismo estado.



al mismo nivel, pero conforme el Universo se fue enfriando, fue desapareciendo esta supersimetría, pues se fue modificando la masa de las partículas conocidas y las de las partículas supersimétricas. Estas últimas irían adquiriendo una gran masa, razón por la cual su identificación hasta el momento ha sido difícil.

En resumen, la supersimetría facilita entender el origen común de todas las interacciones en el momento del Big Bang, permite estimar de manera adecuada la masa del bosón de Higgs e, incluso, que las partículas supersimétricas más ligeras pudieran ser las constituyentes de la materia oscura.

4.5 *Supercuerdas oscilantes y teoría del todo*

Pero tanto la teoría de cuerdas como la de la supersimetría presentan determinadas limitaciones llamadas «anomalías», que implican que ciertas simetrías presentes en el límite clásico del sistema desaparecen en el límite cuántico, problema que se intenta resolver proponiendo que puede existir un número de dimensiones en el espacio en el que no aparecen dichas anomalías. En efecto, en un espacio de 10 dimensiones es posible eliminarlas, es decir, habría que añadir 7 dimensiones adicionales al espacio tiempo tridimensional que conocemos.

De acuerdo con ello, las partículas, en la teoría de las supercuerdas oscilantes, serían cuerdas que oscilarían en unas cuerdas extra del espacio, aunque por el momento dichas dimensiones son demasiado pequeñas para ser detectadas. Las oscilaciones de las supercuerdas darían lugar a las distintas partículas.

Si en el gran acelerador de partículas del CERN se probara de forma experimental que existe la llamada «supersimetría del Universo», se dispondría de una teoría fundamental para unificar la interacción gravitatoria con las otras tres interacciones y definir lo que se conoce como «teoría del todo», capaz de englobar la descripción de todas las interacciones fundamentales en un único conjunto de ecuaciones (Pérez Bernal, 2015: 12).

§5. BIG BANG Y PRIMERAS ETAPAS EN EL DESARROLLO DEL UNIVERSO

Para poder intentar entender a qué se hace referencia cuando nos referimos al Big Bang es necesario acudir a las observaciones de Edwin Hubble, que demostró



que las galaxias se alejan unas de otras, aumentando la velocidad de separación a medida que se van distanciando (Weinberg, 2015, cap. 2).

Pero al igual que se van separando, si volviera el proceso hacia atrás, en una especie de visión retrospectiva de los hechos –como si se fuera rebobinando el proceso expansivo–, se podría razonablemente pensar que las galaxias se irían acercando cada vez más unas a otras, hasta encontrarse en un punto de materia inicial, que en un determinado momento explotaría para dar origen al Universo. A esa partícula inicial Lemaître³ la llamó “átomo primigenio”. Así nació la teoría del Big Bang y de la gran explosión, a la que siguió la expansión de la materia por el empuje de esa explosión originaria.

Pero como afirma Weinberg (2015: 16)

no fue una explosión como las que conocemos en la Tierra, que parten de un centro definido y se expanden hasta abarcar una parte más o menos grande del área circundante, sino una explosión que se produjo simultáneamente en todas partes, llenando todo el espacio desde el comienzo y en la que toda partícula de materia se alejó rápidamente de toda otra partícula.

Los primeros minutos, o incluso las primeras fracciones de segundo de la historia cósmica, presentan una actividad frenética, repleta de eventos tan variados como transcendentales. Por ejemplo: la síntesis de los elementos químicos más sencillos, el nacimiento de las primeras estrellas y galaxias, la formación de grandes estructuras materiales, procesos que llevaron a la aparición de estrellas como el sol y los planetas, como nuestra Tierra, y, finalmente, la vida que llena nuestro mundo (Galadí Enriquez, 2015: 18).

¿Pero cómo ocurrió todo ello? En las primeras milmillonésimas de segundo (10^{-43}) que precedieron a la gran explosión, toda la materia estaba contenida en una esfera de pequeñez inimaginable (10^{-33} cm), es decir, miles y miles de millones de veces más pequeña que el núcleo de un átomo, que tiene una dimensión de 10^{-13} cm. En ese momento –y este es otro dato decisivo– la densidad y temperatura de ese Universo original alcanzó magnitudes inimaginables, llegando a

³ Lemaître fue un sacerdote que propuso por primera vez una teoría científica sobre la expansión del Universo a partir de un “átomo primigenio”, denominación acuñada por él en un artículo publicado el 9 de mayo en *Nature* (1931; 706).



1.032 °C, temperatura a la cual las leyes físicas que regulan la materia que ahora conocemos no rigen. Después de la explosión y de ese instante originario, el Universo entró en la denominada «era inflacionaria», es decir, empezó a expandirse a velocidades fabulosas, pues entre los 10^{-35} y 10^{-32} segundos se expandió 1.050 veces.

Alrededor de los 10^{-11} segundos, a partir de una única «fuerza universal», surgieron las cuatro fuerzas que regulan la cohesión de la materia: la fuerza nuclear fuerte, responsable de la cohesión del núcleo atómico, y la fuerza nuclear débil, que posteriormente se dividirá en dos fuerzas: la fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil. Entre los 10^{-11} y los 10^{-5} segundos prosiguió la diferenciación de la materia, asociándose los quarks en protones y neutrones, hasta ir construyendo las partículas componentes del actual Universo.

A partir de ese momento, Weinberg (2015: 115) describe la evolución del Universo con relación a su temperatura, iniciando su relato después de “una centésima de segundo, del comienzo, cuando la temperatura se había ‘enfriado’ ya hasta unos 100.000 millones de grados Kelvin”.

Describe dicha evolución en cinco etapas. En la primera, la temperatura era de 100.000 millones de grados Kelvin. En ese momento el Universo estaba compuesto por una sopa indiferenciada de materia y radiación, en la que continuamente se producían choques rápidos de unas partículas con otras, siendo las principales el electrón y su antipartícula, el positrón, y las partículas sin masa, fotones, neutrinos y antineutrinos, y también un pequeño número de partículas nucleares, aunque estas en muy baja proporción, pues había aproximadamente un protón o neutrón por cada 1.000 millones de fotones, electrones o neutrinos. El Universo era tan denso que los neutrinos se mantenían en un casi perfecto equilibrio térmico con electrones, positrones y fotones. A partir de ese momento este se expandió y enfrió rápidamente.

En la segunda etapa, la temperatura era de 30.000 millones de grados Kelvin, habiendo transcurrido 0,11 segundos desde la etapa inicial. Las partículas constituyentes eran prácticamente las mismas: electrones, positrones, neutrinos, antineutrinos y fotones, y todo ello todavía dentro de ese gran equilibrio térmico.

En la tercera etapa, la temperatura era de 10.000 millones de grados Kelvin, y desde la primera etapa habrían transcurrido 1,09 segundos. En este momento neutrinos y antineutrinos empezaron a comportarse como partículas libres, ya no en equilibrio térmico con electrones, positrones y fotones. Pero era todavía un



Universo demasiado caliente para que los neutrones y protones pudieran mantenerse unidos, formando núcleos atómicos estables.

En la cuarta etapa, la temperatura era de 3.000 millones de grados Kelvin, y desde la primera etapa habían transcurrido 13,82 segundos. En ese momento electrones y positrones empezaron a desaparecer como componentes destacados del Universo, y, al enfriarse la temperatura, se empezaron a formar núcleos estables, principalmente helio.

La quinta etapa se alcanzó cuando la temperatura descendió hasta 1.000 millones de grados Kelvin, solamente 70 veces más caliente que el centro del sol. Desde la primera etapa habían transcurrido tres minutos y dos segundos. Los electrones y positrones habían desaparecido en su mayor parte, y los principales componentes del Universo eran fotones, neutrinos y antineutrinos. Por otro lado, el Universo era suficientemente frío como para que ya pudieran mantenerse unidos los núcleos de helio.

Poco después de esta etapa la temperatura fue disminuyendo. Y a partir de ahí ya se pudieron ir formando los núcleos más pesados, aunque seguían predominando las moléculas de este gas. Habían pasado 3 minutos y 46 segundos desde la primera etapa.

En la sexta etapa, la temperatura descendió a 300 millones de grados Kelvin y habían transcurrido 34 minutos y 40 segundos. En ese momento el helio ya constituía del 22 al 28 % de la composición del Universo y todo lo demás era hidrógeno; pero la temperatura era aún demasiado caliente para que se formaran núcleos atómicos estables.

A partir de ahí, el Universo siguió expandiéndose y enfriándose; pero durante los 700.000 años siguientes no ocurrió ningún cambio digno de interés. Desde ese momento la temperatura descendió drásticamente y se empezaron a formar galaxias y estrellas. Finalmente, después de unos 10.000 millones de años aproximadamente desde el origen del Universo, aparecieron los seres vivos.

5.1 Formación de los primeros atisbos de materia

Hasta aquí hemos ido viendo cómo se produjo la gran explosión y cuál fue el desarrollo posterior a partir de ese momento inicial. Pero ¿cómo se formó esa primera partícula de materia de densidad y temperatura infinitas? Para inten-



tar entenderlo es necesario introducir la noción de equivalencia entre materia y energía, matemáticamente expresada en la célebre ecuación $E = mc^2$, formulada por Albert Einstein, que da fundamento a la teoría de la relatividad general y al concepto de mecánica cuántica. La gran aportación de Einstein fue ¿definir? que materia y energía se consideran dos manifestaciones de un mismo fenómeno.

Pues bien, a partir de ese mar de energía infinita se pudieron formar los primeros indicios de materia como consecuencia de sus «fluctuaciones de estado». Es decir, se puede pensar que la materia pudo surgir en un «vacío cuántico» en el que únicamente existía energía. En este sentido, se podría pensar, siguiendo a Jean Guitton (1992: 38), que

justo antes del Big Bang, un flujo de energía inconmensurable fue transferido al vacío inicial, lo que generó una «fluctuación cuántica primordial», en la que pudieron producirse los primeros indicios de materia, origen de nuestro Universo.

En ese momento, por tanto, el Universo no era más que un campo de fuerzas, sin ningún contenido de materia, dentro de un mar de densidad y temperaturas cuasi infinitas, formado por un conjunto de partículas subatómicas en eferescencia. Las condiciones eran tan extremas que ni siquiera podría sobrevivir, durante fracciones de tiempo significativas, cualquier tipo de partículas constituidas. Tan pronto como algunas partículas se agrupaban para constituir alguna otra de masa superior, las radiaciones y las colisiones de dichas partículas eran tan extremas que propiciaban que las partículas se unieran y desaparecieran, como si ese Universo original fuera un inmenso acelerador de partículas. En él, las cuatro interacciones fundamentales: gravitación, fuerza electromagnética, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil, no se habrían todavía diferenciado, estando unificadas en una sola «fuerza universal».

Pero llegados a este punto, aún sigue sin poderse dar una explicación acerca de cómo pudo originarse ese mar de energía infinita existente previamente al Big Bang.

Recientemente se ha sugerido la posibilidad de remontar el origen del cosmos a una época en la que el espacio habría tenido una cuarta e, incluso, más dimensiones.

De acuerdo con ello, nuestro Universo tridimensional no sería más que una sombra de ese otro proto-Universo de cuatro dimensiones espaciales.



También Stephen Hawking y Leonard Mlodinow, en su célebre libro *El gran diseño*, plantean otra posible solución al origen del Universo, a la generación de esa partícula inicial, al afirmar que, puesto que “hay una ley universal como la de la gravedad, el Universo pudo ser y fue creado de la nada”, aunque sin esgrimir ningún argumento fundamentado que justifique su afirmación. Pero cuesta entender en qué sentido pueden proporcionarnos las leyes físicas, como la de la gravedad, una explicación aceptable del origen del Universo. A fin de cuentas, las leyes en sí no crean nada, pues son meramente una descripción de lo que sucede cuando se dan ciertas condiciones físicas. Siguiendo a McGrath (2016: 118) se puede afirmar que las leyes de la naturaleza no causan nada, no crean nada, son un resumen o explicación de lo que sucede en el Universo. Pero, además, ¿de dónde surgieron esas leyes inicialmente? ¿Qué explica la existencia de esas grandes «explicaciones»?

Por ello, como manifiesta el propio McGrath (2016: 119),

si Hawking y Mlodinow sustentan que la respuesta a la pregunta de quién o qué creó el Universo es «la ley de la gravedad», entonces lo único que han hecho ha sido derivar la cuestión hacia la pregunta de qué o quién creó la ley de la gravedad —y siguen afirmando—, no necesitamos invocar a Dios para entender las ecuaciones y poner el Universo en marcha.

Pero, como igualmente comenta McGrath (2016: 117), ¿qué querían decir Hawking y Mlodinow con ello? ¿Hay unas «ecuaciones» que hubo que encender para que se pusiera el Universo en marcha? Y si Dios no las encendió, ¿quién o qué lo hizo?

Otro de los grandes representantes de este ateísmo militante que quiere prescindir de un Dios creador es Lawrence Krauss, profesor de la Universidad de Arizona, quien en su libro *Un Universo de la Nada* (citado por McGrath, 2016) afirma que «cuando hablo de la ‘nada’ no quiero decir la ‘nada’, sino simplemente ‘nada’». En este caso, es la «nada» que normalmente llamamos espacio vacío, que se identifica como el vacío filosófico. Krauss sostiene que la ciencia está cerca de explicar cómo el Universo surge de la «nada» sin necesidad de referencia alguna a un Dios creador, pero como así mismo afirma McGrath (2016: 121), Krauss sabe muy bien que el «espacio vacío» no está realmente vacío, hay algo en él, como campos electromagnéticos y partículas virtuales en el «mar de Dirac», compuesto



de infinitos pares de partículas o antipartículas. El «espacio vacío» no está vacío del todo. Pero, en cualquier caso, parece evidente que, si algo ha logrado mostrar Krauss, es que «algo debe surgir de algo». Pero ¿cómo se formó ese «algo» inicial?

No obstante, la dificultad física y filosófica de cómo se forma esa primera partícula de materia no se resuelve de forma convincente con ninguna de las teorías anteriormente propuestas.

Para tratar de obviar dicha dificultad, algunos físicos han propuesto la teoría de la expansión y contracción del Universo de forma infinita. Teoría que, a nuestro juicio, no aporta ninguna solución al problema del inicio de aquel, pues esa cadena de expansiones y contracciones, en caso de que fuera factible, también tuvo que tener un origen, ya que siempre esa cadena, presumiblemente infinita, sería finita.

¿Pero en qué se fundamenta esta teoría de expansiones y contracciones infinitas? En relación con el desarrollo y evolución del Universo, se han propuesto dos teorías distintas: que el Universo esté en expansión continua o que se expanda y se contraiga de forma continuada.

Que el Universo esté en expansión continua, que se dilate eternamente, depende de que la densidad cósmica sea menor que la densidad crítica⁴. Si así es seguirán expansionándose hasta el infinito, sin un fin prefijado.

En cambio, si la densidad cósmica es mayor que la densidad crítica, su expansión cesará alguna vez, expansión a la que seguirá una contracción acelerada.

En este sentido, si la densidad cósmica fuera el doble de la densidad crítica, el Universo seguiría expandiéndose durante otros 50.000 millones de años y después comenzaría a contraerse. Dado que el tiempo de expansión debe ser igual al de contracción, tras esos 50.000 millones de años el Universo volvería a contraerse hasta alcanzar un tamaño igual al actual, siguiendo después la contracción, hasta que después de otros 13.000 millones de años se convertiría en la partícula singular, de densidad y temperatura infinitas, existente al inicio del Universo anterior. A partir de ahí se iniciaría otra etapa de expansión y contracción. Repitiéndose el ciclo infinitamente. Si así ocurriera, obviamente desaparecería el problema del momento inicial y de lo que hubo antes de él, pues el Universo actual sería un Universo en expansión, que siguió al último Universo en contracción. En este

⁴ Se entiende por densidad crítica la densidad mínima de masa cósmica necesaria para que la expansión del Universo llegue a detenerse y sea sucedida por una contracción.



sentido se puede imaginar un ciclo ininterrumpido de expansiones y contracciones que se extenderían hasta el infinito, sin comienzo alguno. Si esto así fuera, como manifiesta Weinberg (2015: 164) se solucionaría el problema del Génesis.

Sin embargo, el propio Weinberg (2015: 164) plantea a la existencia de un Universo infinito una seria dificultad teórica, al afirmar que en cada ciclo de expansión y contracción la cantidad de fotones con relación a las partículas nucleares aumenta ligeramente, por una especie de fricción que ocurre a medida que el Universo se expande y contrae. Por ello, opina que el Universo tendría, tras cada nuevo ciclo, una proporción mayor de fotones que de partículas nucleares. En el momento actual dicha proporción es muy elevada, pero no infinita, hecho que ocurriría si el Universo pudiera expandirse y contraerse un número infinito de veces. Ello invalidaría físicamente la teoría de la expansión y contracción continuas e infinitas.

Pero de lo que no cabe duda, como el propio Weinberg (2015: 165) afirma, es que “el esfuerzo para comprender el Universo es una de las pocas cosas que eleva la vida humana sobre el nivel de la farsa”, comentando además (Weinberg, 2015: 195) que si hubiera algo en la naturaleza que apuntara hacia un Dios creador, tendría que ser las leyes finales de la naturaleza, a las que Stephen Hawking se refiere como la «mente de Dios», y añade: «¿encontraremos en las leyes finales de la naturaleza un Dios?». Si así fuera, «uno de los grandes logros de la ciencia habría sido, si no hacer imposible para la gente inteligente ser religioso, al menos hacer posible para ellos no serlo».

§6. REFLEXIÓN FINAL

Una característica del hombre inteligente y libre es hacerse preguntas, lo que Karl Popper denomina «preguntas fundamentales», y una consecuencia de su racionalidad es tratar de responderlas. Sin duda, en el orden de la categoría de esas preguntas hay una gradualidad y, en función de ello, la necesidad o, al menos, el intento de darles respuesta.

Es cierto que se pueden plantear, que se nos plantean, muchas preguntas, pero pienso, sin temor a equivocarme, que hay una que trasciende a todas las demás, por las consecuencias que en nuestra vida presente o futura puede tener, y esa no es otra que la pregunta sobre la existencia de Dios.



La ciencia, aunque muestra una gran capacidad de respuesta, no responde esas «preguntas fundamentales», pues la «verdad científica es incompleta y solamente responde a penúltimas preguntas. A las últimas preguntas únicamente responden la filosofía y la teología.

Sin embargo, para dar una explicación a los problemas que la ciencia no puede resolver, nunca habría que proponer la acción de Dios como una solución para «cubrir, en palabras de McGrath, los huecos que deja la ciencia» (Artigues, 2007: 143).

Ya en relación con el origen del Universo y la existencia de Dios, hay un hecho, en sí mismo sobrecogedor, cual es que el Universo no es infinitamente antiguo, que tuvo un comienzo en el tiempo, que hubo un día en que las cosas aun no existían.

Por ello, la gran pregunta que hay que plantarse es –y dado por admitido que ya se ha creado esa partícula material, de infinitésimo tamaño y densidad infinita– ¿qué había antes? ¿A partir de quién se creó ese átomo primigenio de Lemaître? Desde un punto de vista empírico no parece que, por el momento, exista ningún fundamento científico para responder con evidencia experimental dicha pregunta.

Pero, además de todo ello, desde un punto de vista científico, uno de los mayores retos de la cosmología actual consiste en entender la gran explosión: la repentina y violenta emergencia del espacio, el tiempo y la materia, partir de un punto de densidad infinita. En términos técnicos, a un punto con estas características se lo ha denominado, como ya se ha comentado, «singularidad», y con relación a él fallan todas las leyes de la física. Es decir, en el momento inicial existiría un Universo sin reglas ni orden de ningún tipo. En principio, a partir de tales condiciones podría haber surgido cualquier realidad lógicamente posible, pues no hay ningún motivo para pensar que la «singularidad» tendría que dar lugar a un cosmos tan ordenado como el que hoy conocemos.

Todo lo anteriormente expuesto genera otra serie de preguntas, a mi juicio sin respuesta: ¿quién o cómo se auto-dotó la «singularidad» –ese punto material infinitamente pequeño y denso– de las tan espectaculares leyes que iban a regir el desarrollo del Universo?

Puede servir como punto de partida para reflexionar sobre ello el que las cuatro fuerzas fundamentales que dan sustento a la teoría estándar, es decir, a una cierta racionalidad física en el desarrollo del Universo, se rigen por parámetros



matemáticamente exactos. En palabras de Paul Dirac, citado por Pérez Bernal (2015: 159), se podría afirmar

que uno de los rasgos de la naturaleza es que las leyes físicas fundamentales se describen en términos de una teoría matemática de gran belleza y poder, y para comprenderla se necesita una norma matemática muy elevada. Uno quizá pudiera resolver la situación afirmando que Dios es un matemático de gran nivel, y que usó una matemática muy avanzada al construir el Universo.

Consecuentemente, el objetivo de nuestra reflexión no sería otro que tratar de encontrar qué subyace tras una afirmación como esta, a lo que habría que añadir que habría bastado una pequeñísima variación de alguna de esas leyes fundamentales para que nuestro Universo, tal como actualmente lo conocemos, no hubiera podido constituirse, para que esa maravilla que ahora contemplamos fuera, en caso de existir, un caos de energía y materia en el que no tuviera cabida la materia organizada y mucho menos la vida orgánica que dio pie a la existencia del hombre. Un cambio mínimo de una sola de las constantes universales hubiera conducido a la formación de un Universo en el que no sería posible la vida.

Un principio básico de la ciencia moderna es que la naturaleza está regida por leyes fijas, y que tales leyes son cognoscibles y que se pueden escribir en un lenguaje matemático. Se podría en principio pensar que esas leyes podrían haber nacido al azar en el único Universo existente, hecho no empíricamente confirmable, ni incluso admisible. Pero también se podría pensar que pudieron o podrían existir múltiples, e incluso infinitos universos, lo que se ha denominado multiverso⁵.

⁵ El término *multiverso* fue acuñado en 1895 por William James, y hace referencia a la posible existencia de muchos, si no infinitos, universos junto al nuestro.

La primera hipótesis científica sobre el multiverso la planteó a finales de los años cincuenta del pasado siglo Hugh Everett. A mediados de los años ochenta diversos físicos teóricos propusieron que el proceso inflacionario que generó nuestro Universo podría ir eternamente generando nuevos universos.

Según la mayoría de los cosmólogos todos se regirían por las mismas leyes físicas. Este tipo de universos fue denominado por Max Tegmark multiverso de nivel 1. Posteriormente se han ido definiendo otros 4 tipos de multiversos, ordenados según la clasificación del propio Tegmark (*Investigación y Ciencia*, febrero de 2015).

Sin embargo, la teoría de la existencia de un multiverso no ha tenido hasta el momento confirmación empírica, ni capacidad de prueba, por lo que su evidencia física es infalsificable, es decir, está fuera de la metodología científica para confirmar o negar su existencia.



Es cierto que a los que creemos en la existencia de un Dios creador nos pueda resultar imposible fundamentar científicamente su existencia, pero así mismo no es menos cierto que es imposible también que los que no creen en Él puedan demostrar científicamente que no existe y, sobre todo, que puedan dar una explicación racional y científicamente fundamentada a todas las preguntas que anteriormente nos hemos planteado.

Si Dios no existiera, pienso que necesariamente debería existir, pues es la única respuesta inteligente y razonable para tratar de explicar la maravilla del Universo creado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Saavedra, J. D. (2016). El extraño comportamiento del quark cima, *Investigación y Ciencia* (Abril).
- Artigues, M. (2007). *Ciencia y Religión. Conceptos fundamentales*. Pamplona: EUNSA.
- Ent, R., Ullrich, T. & Venugopalan, R. (2015). Las enigmáticas propiedades de los gluones, *Investigación y Ciencia* (Julio).
- Galadí Enriquez, D. (2015). *La evolución del Universo*. Barcelona: RBA.
- Guitton, J. (1992). *Dios y la Ciencia. Hacia el metarrealismo*. Madrid: Debate.
- Lykken J. & Spiropulu M. (2014). La simetría y la crisis de la física, *Investigación y Ciencia* (Junio).
- McGrath, A. (2016). *La ciencia desde la Fe*. Barcelona: Espasa.
- Merinero, J. (2014). El problema de la geometría del protón, *Investigación y Ciencia* (Julio).
- Pérez-Bernal, F. (2015). *Simetría y supersimetría*. Barcelona: RBA.
- Sus, A. (2016). Los límites del método científico, *Investigación y Ciencia* (Abril).
- Vos, M. & Villaplana, M. (2015). El quark Cima se pone en movimiento, *Investigación y Ciencia* (Abril).
- Weinberg, S. (2015). *Los tres primeros minutos del Universo*. Madrid: Alianza Editorial.

