

ORIGEN DEL UNIVERSO

Origen y expansión del Universo

«La ciencia moderna concibe que la formación del Universo actual tuvo lugar unos trece o quince mil millones de años. Pero ¿es esto un verdadero comienzo absoluto?; es decir, ¿es el tiempo acotado en su comienzo? En manera alguna. Lo que la moderna cosmogonía afirma es que la formación del estado actual del Mundo tuvo lugar hace unos trece o quince millones de años. Pero no pretende afirmar que antes no hubiera nada. Lo único que afirma es que, si lo hubo, ese estado anterior no tuvo la menor intervención en el estado actual. La ciencia ni afirma ni niega, sino que desconoce, un comienzo absoluto del Mundo y del tiempo.

En definitiva, si se toma en su inmediatez, por lo menos usual, el tiempo no es un conjunto acotado. En rigor, el tiempo como fenómeno no es ni abierto ni acotado, sino que hace posibles ambas interpretaciones, precisamente porque *ambas* son interpretaciones, al igual que el espacio intuitivo no es euclidiano, sino que deja abierta la interpretación euclidiana o no euclidiana de su estructura. La geometría euclidiana no es ni más ni menos creación conceptual que todas las geometrías no euclidianas. Es, a lo sumo, una conceptualización en cierto modo más *natural*. El tiempo abierto es un tiempo conceptualizado, al igual que lo es el tiempo acotado. Pero goza, como la geometría euclidiana, de una cierta *naturalidad*.»

[Zubiri, Xavier: *Espacio. Tiempo. Materia*. Madrid: Alianza Editorial, 1996, p. 222]

•

«Las partes del continuo temporal están ordenadas. *Orden* significa que dados dos elementos, cualesquiera, de un conjunto (en nuestro caso de momentos cualesquiera del *tiempo*) hay siempre un criterio unívoco para discernir cuál es *anterior* y cuál es *posterior*. Es menester no confundir esta propiedad con otra, según la cual, dado un elemento cualquiera del conjunto, está siempre unívocamente determinado cuál es el elemento siguiente. Cuando esto ocurre el conjunto no sólo está *ordenado*, sino que está, además, *bien ordenado*. Pues bien, siempre ha sido un caballo de batalla en la teoría de los conjuntos saber si el continuo es o no un conjunto bien ordenado. A primera vista, esto es imposible: dado un punto cualquiera de una recta, parece que no tiene sentido decir cuál es el punto inmediatamente siguiente. Sérmelo pretendió que mediante un sistema transfinito de operaciones puede ordenarse bien el continuo. Sea cualquiera

la solución a este problema, a nosotros no basta con admitir que el continuo temporal está ordenado. En su virtud, dado un punto de origen, un momento cualquiera es siempre tal que acontece, o bien *antes*, o bien *después* que el punto origen, o coincide con él. El concepto de *antes* y de *después* es la versión temporal del concepto de *anterior* y de *posterior*. Estos dos pares de conceptos no se identifican sin más, porque todo lo que está *antes* o *después* es *anterior* o *posterior*, pero la recíproca no es cierta: *anterior* y *posterior* no significa forzosamente que son temporalmente *antes* o *después*. El primer par de conceptos es meramente ordinal, pero el segundo es la característica ordinal del continuo temporal en tanto que temporal. Todo continuo es ordenable en tanto que continuo; pero sólo el continuo temporal tiene un *antes* y un *después*. Esto es, el continuo temporal está ordenado en tanto que continuo, y está ordenado según un *antes* y un *después* en cuanto temporal.»

[Zubiri, Xavier: *Espacio. Tiempo. Materia*. Madrid: Alianza Editorial, 1996, p. 224-225]



«El Universo no está en el Espacio. Es espacioso porque aloja dentro de sí al espacio. El Espacio lo va produciendo dentro del Universo su propia, interna evolución. Va produciendo un distanciamiento, digo, y con eso el espacio. Y además lo produce con unas estructuras determinadas. Si tomamos un trozo del Universo, podemos considerarlo en un cierto nivel como euclidiano. Y pudo pensarse que ésta era la estructura del Espacio Universal. Pero se ha visto que no, que el Universo tiene una estructura geométrica muy distinta. La estructura, por ejemplo, determinada por el tensor de Ricci, es no euclidiana. Si el tensor es nulo, el espacio es en el vacío una variedad totalmente geodésica. Y si no es nulo, el espacio no es sino localmente geodésico. Igualando este tensor al tensor interno, tenemos la ley de la gravitación. Esto es verdad, pero Einstein no estuvo nunca seguro, a lo largo de su vida, de que esto fuera una ley universal, sino que, ante ciertas dificultades debidas a la cronología cósmica, estimó que había que pensar que la gravitación fuera un fenómeno más o menos local, limitado a nuestra galaxia o a las galaxias más próximas. Después se solventó la dificultad con que ahí se tropezaba, pero esto no obsta para que el tipo de producción de Espacio sea tal vez una cuestión todavía muy controvertida entre astrónomos por la expansión del Universo.

La expansión del Universo es relativamente clara. Primero aparece en la explosión de una primera configuración de la materia contenida en esa configuración; y en segundo lugar, de la dilatación misma del Espacio, en virtud de la inestabilidad intrínseca de esta primera constitución, resulta un tipo nuevo de espacio muy problemáticamente curvado aún. Si la expansión sigue acelerándose en la forma que sigue, allá en el límite, el Universo ¿tendrá una estructura euclidiana, tendrá una estructura cerrada, una estructura elíptica, o más bien parabólica y hiperbólica? Es un asunto que

está *sub judice*. Pero en todo caso es bien claro que la producción de tipos de Espacio es un logro de la evolución.

En este logro de la evolución se producen, además, distintos tipos de leyes.

Estamos habituados a considerar que no hay más leyes en el Universo que las *leyes accionales*, aquellas leyes que vinculan unos antecedentes y unos consiguientes. Pero esto no es rigurosamente hablando verdad.

A medida que el Universo va evolucionando y se va configurando, aparecen tipos de leyes mucho más sutiles, más difíciles de detectar, que fácilmente el hombre ha propendido a creer que son leyes de acción, y que son simplemente *leyes de estructura*, leyes estructurales. Por ejemplo, la propia gravitación. Einstein puso el dedo en la llega: no hay fuerza de gravitación, la gravitación es la estructura de la curvatura del Universo.

Qué duda cabe que, en gran parte, las leyes cuánticas del átomo son leyes estructurales pero estadísticas, que determinan una distribución, pero no determinan acciones que puedan explicar (sería inadmisibile hoy por hoy) por qué un electrón tiene un sistema fundamental determinado en lugar de tal otro. Se pueden dar distintas posibilidades, cada una con un coeficiente numérico distinto. Y el coeficiente numérico de una posibilidad es justamente lo que he llamado una probabilidad. Y aparecen entonces leyes accionales, leyes estructurales y estas otras leyes que, sin embargo, ofrecen una cierta uniformidad, que es estadística.

Y, finalmente, y lo que es más azorante, el Universo no se compone únicamente de leyes y de configuraciones iniciales: se compone de esas cuatro o seis misteriosas realidades, que son las *constantes universales*: la constante de acción de Planck; la constante de la velocidad de la luz; la constante de la carga eléctrica de un elemento, etc. ¿Qué hacen estas constantes dentro del dinamismo causal?

Algún astrónomo, como Eddington, ha pensado que en la evolución se cambia también el sistema de constantes universales. En fin, no soy lo bastante técnico en la materia para poder opinar. Pero, como quiera que sea, en su forma actual, no cabe duda de que las constantes universales son un producto de la evolución.»

[Zubiri, Xavier: *Estructura dinámica de la realidad*. Madrid: Alianza Editorial, 1989, p. 154-156]



«Se nos dice que ese Universo está regido por unas leyes, que están ahí, y que las cosas evolucionan. Sí, pero la Física y la Cosmología, y la Cosmogonía actuales no solamente se limitan a describir más o menos hipotéticamente, aunque cada vez con mayor visto de verosimilitud, que no solamente el Universo ha partido de un cierto estado inicial, por lo menos el Universo actual. Es decir, la ciencia no sólo afirma que el estado actual del Universo deriva de un estado inicial en virtud de unas ciertas leyes, sino que ha tenido que observar que esa evolución no consiste simplemente en

que se cambien las configuraciones del Universo (la producción de las galaxias; dentro de las galaxias del polvo interestelar, la formación de estrellas en la fragmentación, el choque, etc.). Pero hay algo más, y es que en su evolución cambian, justamente, las leyes del Universo. No está dicho en ninguna parte, tampoco en la cosmología actual, que, por ejemplo, las leyes del campo gravitatorio hayan comenzado por ser actualmente existentes con todo su predominio en el estado inicial del Universo.

Y entonces habría que preguntarse qué es lo que explica ese cambio de las leyes: ¿Otras leyes superiores? Sin duda, esto dialécticamente no es imposible. Pero con ello, ¿a dónde iríamos a parar? Las leyes del Universo pueden variar. Sí; pero entonces la variación no puede describirse en los términos que acabo de exponer.

Y finalmente, y sobre todo, se nos dice que el devenir es procesualidad. Sí, pero la cuestión es qué se entienda por procesualidad. Que el proceso consiste en "*procedere*", esto es evidente; lo dice la misma palabra *procedere*, sobre todo en latín; en este caso la palabra griega no es tan clara: ἐκπόμεναι, salir de, marchar desde. Ahora bien, ese "*pro-*" del *procedere* no se nos dice en qué consiste. No se nos dice en qué consiste la procesualidad misma del mundo, sino que el devenir de cada cosa pende de unas leyes del campo dentro del cual las cosas están inmersas. Pero ¿qué es la procesualidad misma?

Repito que no trato de invalidar estas concepciones; sería absurdo. Pero sí, por lo menos, de ver justamente sus lados no claros: algunos de los lados no claros y deficientes que, a mi modo de ver, tienen esas dos concepciones.

Las dos concepciones parten de un dualismo entre las cosas que son y el devenir, llámesele como se quiera. Entiéndase que las cosas son los sujetos de los cuales parten las acciones, o, por el contrario, que las acciones resultan de las conexiones del mundo como puntos de aplicación del devenir, una cosa queda en pie: que siempre hay este dualismo. Y en ese dualismo las cosas desempeñan siempre la función de sujetos. Inexorablemente. En la concepción aristotélica, porque son los *sujetos de* los que salen las δυνάμεις, y a los que acontece precisamente el devenir. En la otra concepción no ocurre eso, ocurre lo contrario. Pero lo contrario consiste en que cada una de las cosas está *sujeta al* devenir.

Sujeto "de" o sujeto "a", esto no cambia la esencia de la cuestión. Es siempre el carácter subjetual de la realidad. En el primer caso es más claro que en el segundo, evidentemente, el carácter de subjetualidad que tiene lo real, pero en el segundo no es menos real.

Ahora bien, he tratado de recordar que, por lo menos a mi modo de ver, la realidad no es formalmente subjetual sino estructural. Y es preciso entonces, sin invalidar las nociones que acabo de exponer, enfocar el problema del dinamismo desde el punto de vista de la estructura.»

[Zubiri, Xavier: *Estructura dinámica de la realidad*. Madrid: Alianza Editorial, 1989, p. 54-56]



«La masa inerte es la misma que la masa gravitatoria. Es un hecho conocido desde hacía muchísimos años en la física, pero que sólo a Einstein le desencadenó un grave problema.

El grave problema es que, si son equivalentes la masa inerte y la masa gravitatoria, eso quiere decir para Einstein que, en definitiva, la inercia y la gravitación no difieren esencialmente. Esto es un grave problema. Lo digo empezando por el final del tema, pues no voy a explicar todas las razones que tuvo Einstein para pensar así. Es un grave problema porque, como hemos apuntado a propósito de Galileo y de Newton, la fuerza es lo que desvía a un cuerpo de su trayectoria rectilínea. Entonces la trayectoria de un cuerpo que cae, por ejemplo, una parábola, necesitaría una fuerza: la fuerza de gravitación.

Contra esta idea se vuelve Einstein. Porque, ¿qué se entiende por líneas rectas en la física clásica, en la física euclidiana? Línea recta es la línea más *natural*, por así decirlo, entendiendo por natural el camino más corto entre dos puntos. Sí, ya: Pero el camino más corto es una recta suponiendo que el espacio sea un plano. Imagínese que el experimento se hiciera sobre una esfera de un radio muy grande, por ejemplo, en la superficie de la Tierra. Evidentemente, un cuerpo abandonado a sí mismo seguiría el camino más corto sobre la superficie esférica de la Tierra, a saber, un arco de meridiano, pero en manera alguna una recta en el sentido euclidiano de la palabra.

La idea de la línea recta, tanto métrica como afín, queda reemplazada por la idea del camino más corto en términos generales, cualquiera que sea la índole del espacio sobre el que esa línea esté trazada. Es decir, lo que un matemático llamaría una geodésica. Las líneas rectas son las geodésicas del espacio euclidiano. El espacio euclidiano es *plano*, esto es, su curvatura es nula. El espacio elíptico y el hiperbólico tienen curvatura positiva y negativa, respectivamente. Los arcos de meridiano son las geodésicas de una esfera, y, si tomamos un elipsoide, los arcos de las elipses tienen también carácter geodésico.

Ahora bien, ¿qué tiene esto que ver con la gravitación?

Pues tiene que ver lo siguiente –los matemáticos me perdonarán que lo explique de una manera muy tosca, muy trivial–. Imagínese un cuerpo que no tenga masa –en teoría, un punto– que se mueva sobre la superficie de un elipsoide. Evidentemente, este cuerpo, justo por su propia inercia, se moverá no en línea recta sino en el arco de una elipse. Y hasta ahí Einstein se limitaría a dar las ecuaciones que definen esa estructura elíptica, digamos así, esa estructura del espacio curvado, con una fórmula según la cual lo que se llama el tensor de Ricci se anule aunque no idénticamente. Y esto es lo que define el carácter no euclidiano de ese espacio. Imagínese

ahora que ese elipsoide se coloca una masa que, por una libertad de ficción, vamos a suponer que está produciendo una abolladura en el elipsoide. El punto viene moviéndose sobre el arco del elipsoide, pero cuando se acerca a la abolladura hace una inclinación hacia adentro o hacia afuera, según la dirección de la abolladura. Naturalmente, la física clásica diría: es que hay una fuerza de atracción o repulsión. Y Einstein diría: No, pura y simplemente, lo que hay es una abolladura, es decir, que es distinta la curvatura del espacio en esta parte; no hay fuerza de gravitación. Pasa un poco lo que pasa e un rayo de luz que penetra del aire en el agua: se desvía. ¿En virtud de una fuerza de atracción? No, sino, pura y simplemente, porque es distinta la densidad del medio.

No existe fuerza de gravitación. No hay más que un continuo espacio-temporal no euclidiano. Y la función de las masas en ese continuo no es atraerse en él sino abollarlo. Las masas abollan el continuo, pero no ejercen atracción en él. Dicho en términos matemáticos, la estructura del continuo espacio-temporal (definida por el tensor de Ricci) hecha proporcional a la distribución de las masas, será la nueva ley de la gravitación. La gravitación es la curvatura del continuo espacio-temporal hecha proporcional a la distribución de las masas. El continuo espacio-temporal es no euclidiano y está definido por la anulación del tensor de Ricci cuando ese espacio está *vacío*. Cuando está lleno, es decir, en presencia de masas, entonces ese tensor no es nulo sino proporcional a la distribución de las masas; es la gravitación en presencia de materia. De estas ecuaciones, y por un cálculo muy laborioso que el propio Einstein no previó al comienzo, Infeld y otros demostraron que se sigue inexorablemente el carácter geodésico de las ecuaciones del movimiento, es decir, su carácter inercial. La inercia es el movimiento según las líneas naturales; y las líneas naturales son las geodésicas. De lo cual resulta que no hay diferencia ninguna entre inercia y gravitación. La gravitación es una inercia en un espacio de curvatura distinta de cero. [...] Tomado el Cosmos en su totalidad, resulta que el espacio cósmico es un conjunto homogéneo y tiene una curvatura constante. La homogeneidad está hoy sometida a discusión. Pero parece ser algo muy corrientemente admitido. El Cosmos sería como un gas cuyas moléculas serían las galaxias. Esta concepción de la isotropía y de la homogeneidad del espacio cósmico es lo que se ha llamado principio cosmológico fundamental.

Este espacio, en el que resultan idénticas la inercia y la gravitación, tiene un carácter peculiar. Porque en todo lo dicho se ha considerado que las soluciones de las ecuaciones de Einstein son estáticas, esto es, independientes del tiempo. Pero, son con Friedmann y Lemaître se investigan las soluciones dependientes del tiempo, se puede ver que el Universo de Einstein no es estable. A la menor trepidación, por así decirlo, el espacio comienza a dilatarse en tanto que espacio. Es la expansión del Universo, que Hubble había descubierto en astronomía. La expansión del universo no es sólo resultado de una especie de explosión de un *átomo* primitivo. Este factor puede intervenir también. Pero no es el único, sino

que hay además una dilatación del espacio mismo en cuanto espacio. Imagínese más bien una especie de globo de goma en el que marcamos unos puntos. Si se hincha más ese globo de goma, los puntos se van separando entre sí, pero no porque haya habido una explosión, sino porque lo que se ha hecho es dilatar la goma. Pues bien, diría Lemaître, lo que se ha hecho es dilatar el continuo espacio-temporal. Y precisamente por eso acontece esa expansión del Universo. En esa expansión no sabemos cuál será la suerte del Universo. Hoy todavía es discutible y es muy discutido en astronomía. Pero, en fin, como quiera que sea, es claro que una cosa es la limitación, es decir, que el universo no tiene fronteras, y otra cosa completamente distinta es la infinitud. El Universo es perfectamente finito, no infinito como un plano euclidiano, y, sin embargo, no podemos acercarnos a sus fronteras por muchos pasos que demos; es ilimitado.

He aquí la segunda gran aportación de la física a la estructura del espacio. El espacio no euclidiano, con curvatura local variable en función de las masas y su expansión esencial quedan así íntimamente asociados; el continuo espacio-temporal y las masas forman un todo.

Y la tercera aportación de la física es la acción.

La acción es el producto de una fuerza, de una energía por un tiempo. Y esta acción puede parecer, y ha parecido en toda la física clásica desde sus orígenes hasta final del siglo pasado, que es una magnitud continua, que es mayor o menos a medida que aumenta o disminuye continuamente la energía. Pero resulta que no es así. La acción resultante se compone de una especie de *átomos* de acción, definido cada uno con un número h , que se ha llamado constante de Planck.

Planck descubrió que la acción es discontinua. Es como el espacio sensible; nos parece continuo porque no vemos los intervalos atómicos. Igualmente, la acción nos parece continua porque no vemos los átomos de acción. [...]

La descripción de los fenómenos atómicos en los cuales interviene esencialmente esa constante de acción no puede llevarse a cabo en un espacio de tres dimensiones, sea o no euclidiano, sino que no puede hacerse más que en un espacio de tipo distinto: lo que se ha llamado *espacio funcional*. Es un espacio de Hilbert definido por un conjunto octogonal de funciones... [...] El espacio funcional tiene infinitas dimensiones, una infinitud no sólo numerable sino también continua. Es un tipo de espacio de Hilbert. El estado de cada partícula viene determinado por una generalización del llamado análisis de Fourier, uno de los instrumentos de la física actual para representar la dinámica cuántica.

Tenemos así tres espacios: el espacio de velocidad de la luz (espacio de la relatividad especial), el espacio gravitatorio (espacio de la relatividad general) y el espacio funcional. Lo malo es que en la física actual esos tres espacios no parecen ser compatibles entre sí. El primer espacio y el tercero, sí lo son. Pero el segundo, a pesar de ser perfectamente compatible con el

primero, no se ve cómo pueda serlo con el tercero. Durante toda su vida se debatió Einstein con este problema y murió sin resolverlo.

Lo cierto es que esos tres espacios, que no son perfectamente unificables, responden un poco a lo que decía anteriormente: son estructuras espaciales distintas. Y entonces plantean inexorablemente, no sólo a la física sino también a todo el que reflexione sobre la Naturaleza, el problema de en qué consiste, sean estas estructuras cualesquiera, la índole del espacio físico en cuanto tal.»

[Zubiri, Xavier: *Espacio. Tiempo. Materia*. Madrid: Alianza Editorial, 1996, p. 90-96]



«El mundo es la respectividad de lo real en tanto que real, a diferencia del cosmos, que es la respectividad de las cosas por razón de los contenidos concretos de la talidad que estas cosas tienen. Por ello, estos dos conceptos, mundo y cosmos, son radicalmente distintos. Nada obsta para que hubiese *kósmoi* infinitos y que fuesen completamente independientes, sin relación alguna los unos con los otros; no me refiero con esto al genial descubrimiento que hizo mi compañero Lamaître estableciendo la expansión del universo, sino al hecho de que de suyo no hay nada que impida la existencia de *kósmoi* independientes, es decir, que la realidad no sea un "universo" sino un "pluriverso". En cambio, si tomamos el mundo desde el punto de vista de la realidad misma, por muy independientes que sean cósmicamente, estarán siempre en respectividad real, es decir, tienen carácter de mundo. [...]

El cosmos como realidad factual se va constituyendo en su respectividad, se va abriendo dentro de sí mismo. Con ello va adquiriendo como caracteres propios la respectividad espacial y temporal. Las propiedades del tiempo y del espacio son un logro de la constitución de la realidad cósmica. Más aún, si el universo entero proviniera de la explosión de una masa inicial compacta, habría que decir que no solo las propiedades el espacio y el tiempo sino que el espacio y el tiempo mismos serían un logro de la constitución de la realidad cósmica; aquel punto de partido, compacto y estático antes de la explosión, no contendría aún ni espacio ni tiempo porque no contendría respectividad interna; solo después de aquella, habría respectividad espacial y temporal de unas partes respecto de otras. En cada estadio de esta constitución de la realidad *cósmica*, su carácter de *realidad es ipso* se va también constituyendo, se va formando, precisamente porque lo transcendental es funcional, es la talidad en función transcendental. El cosmos va adquiriendo así no solo nuevas propiedades, sino también nuevos caracteres de realidad. En tanto que real, este cosmos y todo lo que en él hay "es"; al irse abriendo lo real a nuevos caracteres de realidad, su modo de estar en el mundo, su ser, va también modulándose: el ser es siempre y solo la realidad en cuanto que está en el mundo, la realidad

entificada y entificándose; este movimiento constituyente está siempre abierto: es la apertura trascendental de lo real en cuanto que real.»

[Zubiri, Xavier: "El sistema de lo real en la filosofía moderna" (1970), en: *Cinco lecciones de filosofía: con un nuevo curso inédito* (1898-1983). Madrid: Alianza Editorial, 2009, p. 295-296 y 303-304]

COMENTARIOS

Dem Russen Grigori Perelman ist Anfang 2002 als Erstem gelungen, was vor ihm viele versuchten: Er hat komplizierte Techniken entwickelt, mit denen sich drei- und noch höher dimensionale Räume kontrollieren und vermessen lassen.

–Bedeutet das, dass unser Universum gar nicht unendlich ist?

–Professor Günter Ziegler: "Das Universum hat ganz sicher keinen 'Rand'. Man nimmt aber in der Tat an, dass das Universum nur begrenzt groß ist. Also ist die Sphäre ein naheliegendes Modell: nur endlich groß, aber ohne Rand. Das kann man an der zweidimensionalen Sphäre sehen, denn die Erdoberfläche ist ja auch endlich groß, ohne Rand. Für die dreidimensionale Sphäre ist das genauso."

•

En el modelo del Universo conocido como Materia Oscura Fría Lambda, la letra griega Λ representa el componente de energía oscura que se cree que constituye el 72% del cosmos. Otro 23% es la materia oscura y el 4% restante es la materia visible en las galaxias.

•

«Partamos de la realidad física del Universo, y preguntémonos si ella nos obliga a esbozar o postular la existencia de una realidad trascendente al propio mundo. Como es bien sabido, este es un tema que Zubiri abordó explícitamente en 1964, en el artículo titulado "Transcendencia y Física" [en *Gran Enciclopedia del mundo*, Bilbao, Durván, 1964, vol. 18, pp. 419-424].

Para la ciencia física actual, el Universo es un sistema de realidades de la más diversa índole, compuesto por astros y agrupaciones estelares (estrellas múltiples, asociaciones, cúmulos, etc.), así como por gas y polvo interestelar. La unidad física de todos estos elementos son las galaxias, que generalmente se hallan agrupadas, formando cúmulos de galaxias o configuraciones físicas supragalácticas. Toda esta materia se extiende a una distancia de unos cinco a seis mil millones de años luz (TF 419).

Para la ciencia actual este Universo cósmico tiene dos caracteres fundamentales: la *evolución* y la *expansión*; por tanto, "el Universo es un

sistema evolutivo en expansión" (TF 422). Una minoría de astrónomos ha pensado que a pesar de la expansión la densidad media del Universo permanece constante, lo que les obliga a suponer que la expansión va acompañada de la aparición de nueva materia, a un ritmo idéntico al del proceso de expansión. Este modelo, propuesto en 1948 por Hermann Bondi, Thomas Gold y Fred Hoyle, ha ido perdiendo adeptos en los últimos años, como consecuencia de las observaciones efectuadas a fines de los años cincuenta y primeros de los sesenta por Martín Ryle y colaboradores en Cambridge sobre los focos de radiación, y el descubrimiento en 1965 del origen de la radiación de microondas. Los resultados de ambos hallazgos están en flagrante contradicción con el modelo del estado estacionario, que por ello se ha hecho cada vez más inverosímil. Por eso la mayoría de los astrónomos suelen rechazar la teoría de la expansión acompañada de nueva creación de materia, y piensan que la expansión hace disminuir la densidad media del Universo. Esto equivale a decir que hubo un "estado inicial" único, del que por explosión se inició el proceso expansivo, y con él la evolución del Universo entero. Este estado inicial debió acontecer entre hace siete y diez mil millones de años. "Suele decirse que, con ello, la Física actual demuestra o, cuando menos, postula el comienzo temporal del Universo mismo. Pero esto es una ilusión. Lo único que la Física hace es retrotraernos de los estados actuales del Universo a un 'estado inicial' respecto de éstos, haya tenido o no existencia anterior la materia misma; lo único que la Física dirá es que sus posibles estados anteriores, en nada influyen ni tienen que ver con el origen del estado actual" (TF 422). Así, es concebible un Universo en que se sucedan las explosiones (*big bang*) y las implosiones (*big crunch*) de tal manera que transcurra en forma de diástoles y sístoles sucesivas; pues bien, lo único que la ciencia afirma es que la última diástole comenzó con el "estado inicial" antes descrito.

¿Compete al Universo entero y en cuanto tal la condición de proceder de otra cosa, o no será más bien algo que, como totalidad, reposa sobre sí mismo, y que por ello no tiene necesidad de ninguna otra cosa no sólo para ser como es, sino sobre todo para tener realidad? Sabemos que el Universo es en sí mismo real, pero nos preguntamos si además lo es "por sí mismo", por tanto, si se trata de "una cosa que por su propia índole no puede carecer de realidad, sino que está constreñida a tenerla, que es esencialmente existente. Tal es el caso de aquello que buscamos, del fundamento del mundo. El Universo como totalidad de las cosas no es sólo el conjunto de cosas reales o su sistema físico, sino que es ante todo la unidad de las cosas reales fundada precisa y formalmente en su carácter de realidad en cuanto tal. Por tanto, cuando nos preguntamos por el fundamento del Universo o si el Universo reposa sobre sí mismo, no nos basta con un sistema de propiedades que fueran irreductibles (y que en este sentido reposarían sobre sí mismas), sino que nos preguntamos por el hecho de ese sistema último (irreductible) de propiedades, acerca de su realidad, esto es, si este sistema es esencialmente existente" (TF 422).

Así formulada la pregunta, Zubiri cree posible dar una respuesta rotunda: "el Universo, tal como lo concibe la ciencia actual, no puede reposar sobre sí mismo, no es una realidad esencialmente existente" (TF 422). Y ello en cualquiera de las dos teorías antes citadas de la evolución expansiva. [...]

Por eso se ha afirmado siempre que las leyes de la Física no determinan el estado inicial del Universo en su singularidad, sino sólo cómo se desarrolla ese Universo a partir de aquel momento. Por ello, dice Zubiri, "ese estado inicial no reposa sobre sí mismo, sino que su unidad remite a algo en cierto modo ortogonal al plano de ese estado, y que sea la raíz de la que proceden las estructuras y la configuración en que se hallan envueltas. Por bajo de la procesualidad envolvente de las estructuras y de las configuraciones, hay una procesualidad radical, de índole completamente distinta a la procesualidad evolutiva física; una procesualidad que consiste en que el estado inicial emerja a la realidad, de una raíz transfísica que el Universo entero llevaría en sí mismo. [...] Quedaría por definir qué es eso que denominamos "realidad transfísica". Esa realidad es "esencialmente existente", y por ello mismo es una "realidad trascendente" al propio Universo. Trascendente significa aquí que no es "homogénea con el estado inicial del Universo ni por su contenido ni con su carácter de realidad" (TF 422). [...]

Zubiri escribió "Transcendencia y Física" en 1964. En este tiempo la cuestión del "estado inicial" ha evolucionado grandemente, a partir de los trabajos de R. Penrose y S. W. Hawking, que se iniciaron por esos años, concretamente en 1962. La teoría "clásica" de la evolución expansiva del Universo, la que Zubiri expone, se basaba en los postulados de la teoría general de la relatividad de Einstein, complementados con las observaciones de Slipher y Hubble sobre el desplazamiento hacia el rojo de la luz proveniente de las galaxias al paso por un prisma de cristal, y por el modelo propuesto por el físico y matemático ruso Alexander Friedman en 1922. Se trata de una teoría "clásica" o "incompleta", porque no incorpora el principio cuántico de indeterminación. Este principio, y en general toda la mecánica cuántica, surgieron para reinterpretar toda la teoría atómica de Rutherford. [...]

De modo similar a como la teoría atómica clásica guardaba una gran simetría con la teoría astronómica clásica, así también la cuestión astrofísica del "estado inicial" empieza a pensarse ahora que es simétrica a la de la situación concreta del electrón en el núcleo, motivo por el cual parece que el principio indeterminista de la mecánica cuántica puede llevar al campo de la astrofísica correcciones similares a las producidas en el de la teoría atómica. De ser esto así, sería posible cuestionar la predicción derivada de la teoría general de la relatividad de que debió existir una singularidad o estado inicial *big bang* de densidad infinita. Los hechos parecen abonar esa duda, razón por la cual resulta congruente suponer que la convergencia gravitatoria no produce un final (o inicio) total del tiempo. Esto supuesto, puede conjeturarse que el Universo es temporal y espacialmente finito, pero

sin límites. Lo que significa que el Universo es por completo independiente y no necesita condiciones de límites; o dicho de otro modo, que toda la argumentación "clásica" sobre la existencia de un estado inicial en el que las leyes de la Física no eran aplicables, dado que resultaba imposible determinar su configuración por referencia a un estado anterior, carece (o puede carecer) de fundamento. Esto equivale a afirmar que no hay ningún estado en el que se interrumpen las leyes de la Física (Stephen W. Hawking).

¿Significa esto que el Universo no tuvo un comienzo? Depende de qué se entienda por comienzo. Quizá pudiera decirse que tiene comienzo, pero no límite, del mismo modo que en el globo terráqueo la dirección norte nos remite hacia un punto polar que es su comienzo, pero que no constituye el límite de la tierra. Algo semejante debió suceder en los llamados primeros momentos del Universo: la cantidad que medimos como tiempo tuvo allí su comienzo, pero eso no significa que el tiempo espacial tenga un límite. Parece más bien que el tiempo espacial es en realidad finito, pero sin límites, y que el Universo puede describirse mediante un modelo matemático determinado en su totalidad sólo por las leyes de la Física. Tal modelo nos es hoy desconocido. [...]

La argumentación de Zubiri basada en la peculiaridad física del estado inicial parece hoy poco viable. Lo cual no quiere decir que la apelación a una "realidad transfísica" o *natura naturans* no siga poseyendo elevada congruencia racional. Lo que sucede es que esa racionalidad no puede tener ya carácter "físico" sino estrictamente "metafísico". Zubiri siempre lo pensó así, razón por la cual concedió a los datos de la Física un mero carácter complementario. Por otra parte, desde esos datos a lo que se puede llegar, en el mejor de los casos, es a la "causa transcendente del mundo". Pero esto sin más no es Dios. No es un azar que Zubiri lo defina sólo como una "primera aproximación" a Dios. El Dios de las religiones, el Dios a quien se adora, en quien se confía y de quien se espera no se identifica sin más con la causa transcendente del mundo. [...]

Por todo esto, Zubiri no utiliza nunca en sus exposiciones sistemáticas del tema de Dios esto que puede denominarse la "vía cosmológica", en favor de otra que para él reúne las condiciones óptimas tanto de esbozo como de experiencia; es la "vía de la religación". En ella es esbozo es de carácter estrictamente metafísico. Muy brevemente expuesto, dice lo siguiente. Sabemos que el hombre es persona, y por tanto un ser absoluto; pero sabemos también que por su carácter religado su absoluto es cobrado, relativo. Este es el "primer paso" del esbozo racional sobre Dios, efectuado a partir de la realidad humana. Los otros pasos son los siguientes: "Este ser absoluto [del hombre] es cobrado por la determinación física del poder de lo real como algo último, posibilitante e impelente (segundo paso). Como momento de las cosas y determinante de mi Yo, el poder de lo real es 'más' que la realidad y, por tanto, que el poder de cada cosa real concreta (tercer paso). Pero el poder de lo real se funda esencialmente en la índole misma

de la realidad. Luego este poder está fundado en una realidad absolutamente absoluta, distinta de las cosas reales, pero en las cuales, por serlo, está formalmente constituyéndolas como reales. Esta realidad es, pues, Dios (cuarto paso)” (HD 149).»

[Diego Gracia: *Voluntad de verdad. Para leer a Zubiri*. Madrid: Triacastela, 2007, p. 223-229]



La mecánica cuántica

«La mecánica cuántica se ha revelado como la herramienta más poderosa para comprender y predecir todo tipo de fenómenos físicos, y está presente en los fundamentos de los desarrollos tecnológicos de más éxito de la segunda mitad del siglo XX. [...]

Pero... paradójicamente, a pesar del vasto dominio en el que hemos logrado utilizar la física y la tecnología cuánticas, la interpretación del núcleo básico de la teoría sigue sometida a múltiples debates. [...]

Dos sistemas físicos preparados idénticamente pueden dar lugar a resultados diferentes de medidas repetidas. [...]

El aspecto más alejado de los prejuicios (o de la filosofía) de la física clásica es el que hoy llamaríamos “no separabilidad de los sistemas cuánticos relacionados”. La civilización occidental, desde los griegos, y la propia ciencia metódica desde el siglo XVII, han supuesto que para entender el comportamiento de un objeto compuesto podemos dividirlo en partes. Eso supone que, no sólo el objeto entero, sino también cada una de las partes, tienen una realidad bien definida: los “elementos de realidad”, en palabras de Einstein. Bien, ¡no es cierto! Einstein le negó la categoría de “completitud” a la teoría cuántica, porque es imposible asignar un estado cuántico bien definido a cada una de las dos partículas correlacionadas y sólo se puede asignar un estado cuántico al sistema compuesto. Esa discusión encabezada por una famosa publicación de Einstein, Podolsky y Rosen, en 1935, era más bien filosófica o epistemológica. La publicación en 1964 de las “desigualdades de Bell” trasladó este debate interpretativo y filosófico al campo de la física, al demostrar el carácter observable y medible de esas correlaciones cuánticas capaces de tomar valores más grandes que los límites exigidos por una descripción realista separable de tipo clásico. Todos los experimentos realizados en los últimos treinta años para proceder a un test de las desigualdades de Bell han confirmado, más allá de toda duda, las predicciones de la mecánica cuántica con valores clásicamente prohibidos. [...]

La cuestión de la objetividad en mecánica cuántica proviene sobre todo del problema del colapso del estado cuántico como producto de la medida. [...]

El Universo en sus primeros 10^{-45} segundos después del *big bang* estuvo regido por las leyes de la gravitación cuántica, aún desconocidas hoy en la física fundamental. [...]

La medida de las pequeñas anisotropías de la radiación de fondo permite obtener los parámetros cosmológicos responsables de la evolución del Universo con mucha precisión. Además de una energía oscura, que representa el 73% del total, hay una materia oscura, tampoco conocida, que representa el 23%, y queda tan sólo una proporción del 4% de materia agregada del tipo conocido (sin embargo, en gran parte aún no observada directamente). El contenido total de materia-energía proporciona una densidad crítica que predice un Universo sin curvatura espacial.»

[José Bernabéu Alberola: "Prólogo" a Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 13-19]



«Podemos decir sin exagerar que la mecánica cuántica es la teoría central del mundo físico.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 49]

La cuestión del realismo

«Durante los últimos 2500 años, los debates sobre la cuestión del realismo no han dejado de sucederse y repetirse; pero ha llegado el momento –o eso pienso– de que el filósofo, el científico advertido o cualquier persona con un mínimo de curiosidad por las cuestiones del conocimiento, comiencen a conocer lo que esa teoría física que es la mecánica cuántica aporta a la eterna cuestión del ser y la percepción. Porque desde 1964, año en que se publica el artículo de John S. Bell sobre sus famosas desigualdades, y desde 1982, año en que los experimentos, de la mano de A. Aspect, las violan definitivamente y cierran el paro a un realismo exhaustivo, la cuestión del ser y la percepción ya nunca más podrá plantearse en los mismos términos en que se planteaba hasta entonces: la ontología ha penetrado en el dominio de la física, y una especie de *metafísica experimental* ha subido desde entonces al escenario.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 35]

«En la realidad del mundo cuántico no existen los antecedentes cuyo conocimiento previo pueda permitirnos hacer predicciones ciertas de los resultados de medida. De acuerdo con la teoría, eso es cierto, aunque conozcamos perfectamente la función de onda Ψ del sistema cuántico, donde está contenido todo lo que podemos llegar a saber sobre el sistema. Sin embargo, en la práctica no siempre se conoce Ψ completamente y, así, las limitaciones prácticas en la certeza de las predicciones son aún más efectivas.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 43]

Función de onda

«Todo sistema cuántico, en estado determinado, tiene asociado un objeto matemático que recibe el nombre de *función de onda* del sistema en ese estado y que se representa universalmente por la letra griega Ψ .»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 41]

Colapso de la función de onda

«El colapso se produce a raíz de la interacción del sistema cuántico con un sistema macroscópico al menos cuando la reacción de aquel sistema sobre éste se amplifica hasta niveles macroscópicos. Con esta interpretación uno se ahorra la visión increíblemente paradójica del experimento mental del gato de Schrödinger. [...]

El colapso es un fenómeno objetivo que se da en todo proceso de medida convencional, pero también de manera espontánea; o sea, al margen de cualquier medida convencional, como consecuencia de la interacción de un sistema cuántico con un sistema macroscópico. [...]

Todo hace pensar que nos encontramos aquí frente a un hecho irreductible del mundo natural que no podría deducirse de otro principio más básico. [...]

No puede haber colapso de la función de onda si no hay una medida considerada subjetivamente como tal. [...]

El colapso de la función de onda sólo es objetivo en el sentido de que el salto cuántico, que hay detrás del mismo y que el colapso quiere reflejar, es un salto objetivo. [...]

Este colapso del sistema cuántico está ligado a la interacción: a la interacción de las diversas partes del sistema en sí o a la interacción del sistema con el exterior. Por tanto, el colapso, que se produce necesariamente en el acto de medida convencional, tiene lugar de manera subsidiaria; o sea, tiene lugar desde el momento en que dicho acto presupone una interacción del sistema cuántico con el aparato de medida.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 92-124]

Pequeño objeto *a* y la asociación libre. El ruido errático de fondo de los contenidos psíquicos

«No todos los contenidos psíquicos son necesariamente significativos a la hora de considerar el flujo de la vida anímica. Esta intuición parece que no se aviene con la teoría y la práctica analíticas de dejar la puerta abierta a la significación central de aquellos contenidos mentales producidos en la asociación libre. Sin embargo, es difícil no considerar seriamente la posibilidad de que, junto al espeso significativo de nuestra vida interior, haya un volumen de manifestaciones psíquicas espurias: el ruido de fondo

del cual separar en cada caso el encadenamiento causal interno del resto de la vida mental.

En particular, en la sesión analítica, quizá no todas las asociaciones, ni todas las ocurrencias, son significativas y hay que basarse en la intuición, o en el perfil global de muchas manifestaciones reiteradas del paciente, más allá de un acto concreto, para poder separar el grano del significado de la paja de la contingencia, lo que a la postre resulta ser de una lógica de lo más cotidiana.

A pesar de lo que acabo de subrayar, nuestro cerebro debe de estar mínimamente blindado frente a la acción de aquellas perturbaciones erráticas y mínimas del medio y del propio sistema cerebral: de otra manera, nuestra vida mental ordinaria dejaría de tener sentido para convertirse en una confusión ininteligible. Eso nos podría hacer pensar que, justamente, ese blindaje podría ser suficientemente efectivo para que aquellas perturbaciones mínimas no puedan dejar traza alguna en nuestra vida psíquica; que detrás de cualquier contenido psicológico habría siempre implicada una parte macroscópica del cerebro. Una parte tan grande como para que en ese tamaño se neutralizaran todas las excitaciones inferiores a cierto umbral mínimo. Por tanto, se excluirían de la vida anímica los contenidos mentales ajenos al encadenamiento estrictamente causal, tan valorado por Freud:

*¿Quiere decir que hay sucesos tan ínfimos que se salen del encadenamiento del acaecer universal, y que lo mismo podrían no ser como son? Si alguien rompe de esta manera, en un solo punto, el determinismo de la naturaleza, lanza por los suelos toda la cosmovisión científica. [S. Freud: "Conferencia de introducción al psicoanálisis", *Obras Completas*, primera y segunda partes, vol. XV, Buenos Aires: Amorrortu, 1989]*

Sin embargo, parece que las mínimas cantidades de neurotransmisor implicadas en la sinapsis neuronal suponen que aquel umbral mínimo estaría francamente por debajo del reducido nivel de multitud de excitaciones erráticas del medio ordinario. Por lo tanto, en este caso, el blindaje mencionado no sería tan severo como para poder anular cualquier contenido mental sustraído al rígido encadenamiento causal interno. [...]

El blindaje existe en el nivel de la percepción consciente (el fotón único, que por sí mismo es capaz de excitar la retina, no logra abrirse un camino hasta el nivel consciente). Sin embargo, este blindaje queda a un nivel tan bajo (al nivel de unos pocos fotones) que, por encima de él, sigue aún abierto el camino a una acción posible de las fluctuaciones cuánticas sobre el psiquismo.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 186-187]



«Dejando aparte la fisiología del cerebro y acudiendo a un razonamiento algo alejado de aquello que ha argumentado contra el determinismo psíquico demasiado estricto, que se me permita hacer una última consideración a favor del supuesto de aquel ruido errático de contenidos psíquicos sustraídos al encadenamiento causal significativo.

Consideremos por un momento la variabilidad extrema de léxico entre lenguas que tienen muy poca proximidad o grado de parentesco. A pesar de las regularidades que se han podido señalar en este campo, la variabilidad considerada es tan total y tan irreducible a unos orígenes o unas causas identificables que nos hace pensar en una labilidad esencial de nuestro aparato psíquico a la hora de producir el léxico concreto de una lengua determinada. Tal vez, en un momento remotísimo, la elección que supuso una determinada palabra se resolvió por el concurso nimio de factores imprevistos y no significativos de otra cosa que no fuese el azar. Así, tendríamos un ejemplo patente de aquello que en nuestra vida psíquica y al amparo del azar y del determinismo acabó siendo una manera determinada, cuando igualmente habría podido serlo de otra.

En realidad, la misma evolución de la vida, con la selección natural, más las contingencias y elecciones irreversibles, quizá fortuitas, que hay detrás, podría ser otro ejemplo de indeterminismo, éste de más alcance, al lado de aquel que acabo de exponer a propósito de la conformación y la diversidad de los léxicos.

Imaginemos por un momento que aceptamos las tesis anteriores, según las cuales nuestro futuro individual de seres humanos no está perfectamente determinado, dado que la indeterminación cuántica está presente en nuestro comportamiento mediante la ordinaria amplificación macroscópica que hacemos de las incertidumbres cuánticas de nuestro cuerpo y del medio mental con el que interactuamos. Sabemos que, en este caso, no seríamos los únicos sistemas macroscópicos capaces de dar lugar a esta amplificación. Los mismos aparatos de medida en mecánica cuántica son sistemas macroscópicos que realizan esta amplificación en el mismo acto de medida. Con independencia de una medida, considerada de forma subjetiva como tal, la amplificación, mencionada es una propiedad que pueden exhibir y de hecho exhiben algunos sistemas macroscópicos, no necesariamente aparatos de medida, cuando interaccionan de manera conveniente con un sistema cuántico.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 189.190]

El big bang y la expansión del universo

«En la teoría cosmológica hay más comúnmente aceptada, el Universo se originó en una "gran explosión" (el *big bang*, en inglés) que ocurrió hace nos 13.700 millones de años. Desde entonces el Universo no ha cesado de expandirse, como lo muestran ahora las observaciones, y por tanto, de enfriarse.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 211]



«La expansión observada del Universo es el punto de partida para el modelo del *big bang*, hoy sobradamente reconocido por la comunidad científica. Esta expansión remontada sin límite hacia el pasado conduce a la existencia de un instante original en el que toda la materia del Universo observable estaría colapsada en un punto, el instante que convencionalmente hemos escogido como el tiempo cero, a partir del cual contar las sucesivas edades del Universo. Sin embargo, en ese instante, la densidad, la temperatura y la presión de la materia y la energía del Universo serían infinitas, lo que no tiene sentido. Sin embargo, la teoría de la relatividad general, dejaría de ser válida a las densidades que tendría el Universo cuando consideramos un instante tan primitivo como 10^{-43} segundos. [...]

En realidad, en cuanto a la cuestión de cuán lejos podemos remontarnos en el origen del Universo, disponemos de cierto criterio básico: nuestra historia debería haber comenzado en el llamado **tiempo de Plank**, $t = 10^{-43}$ segundos, cuando la teoría de la relatividad general, tal como la conocemos hoy y sobre todo la que se apoya el modelo del *big bang*, comenzaría a dejar de ser válida y debería ser modificada para incluir los efectos cuánticos en acción a las enormes densidades presentes en aquel tiempo de la vida del Universo: esta nueva teoría de una relatividad general cuántica, necesaria en principio para poder remontar y sustituir al tiempo más allá de los primeros 10^{-43} segundos, nos es aún desconocida en el sentido de que, por el momento, no hay un acuerdo general, entre los físicos que trabajan en este campo, sobre la teoría que deberíamos considerar como válida, habida cuenta de la falta de experimentos realizables en este momento que pudiesen discriminar entre las diversas teorías presentes.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 220-221]

La radiación cósmica de microondas de fondo

«En 1965m dos físicos norteamericanos, Penzias y Wilson, publicaban la presunta detección de esta radiación de fondo, que los cosmólogos llaman *radiación de microondas de fondo* porque por término medio los fotones en cuestión son tan energéticos, uno a uno, como lo son los fotones de un horno de microondas doméstico, poco más o menos. [...] El descubrimiento supuso el Premio Nobel para estos dos físicos y puso el modelo del *big bang* sobre unas bases mínimamente sólidas.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 218]



«En esencia, los resultados más espectaculares obtenidos hasta ahora, a partir de las medidas que se han hecho del grado y las características de

las muy pequeñas anisotropías de la radiación cósmica de fondo, se han publicado en el año 2003. A partir de aquí se ha podido determinar la constante de Hubble, H_0 , con un error de $\pm 5\%$. En cuanto a la densidad, ρ_0 , y a la constante cosmológica, Λ , antes de hablar de los valores obtenidos, debo consignar aquí que la presencia de una constante cosmológica positiva es equivalente a la existencia de una determinada densidad de energía para el vacío cósmico, una energía llamada oscura, cuya densidad es la misma por doquier en el cosmos y permanece constante con la expansión. Esta densidad de energía oscura está acompañada de una presión del vacío, negativa e igual a menos aquella densidad. [...] Desde el momento en que la constante cosmológica supone la presencia de aquella densidad de energía del vacío cósmico, su efecto se añadiría al efecto del resto de densidad de materia-energía del Universo en forma de una atracción gravitatoria resultante que se opone a la expansión del Universo. Sin embargo, la existencia de una constante cosmológica comporta también la presencia de aquella presión negativa, cuyo efecto relativista sobre el Universo es justamente el contrario, el de propiciar la expansión. Se puede demostrar que, en este caso, el efecto dispersor de la presión negativa del vacío domina sobre la tendencia a la contracción propiciada por la energía de este vacío, de manera que el efecto neto de la presencia de una constante cosmológica positiva es el de contribuir a la expansión del Universo. Pues bien, los datos observacionales indican que Λ tiene un valor tal que, hoy, la densidad de energía correspondiente del vacío supone un 70% de la materia-energía total del cosmos. El 30% que resta es materia-energía "convencional", no asociable al vacío, que se reduce esencialmente a una densidad de materia, dado que hoy la densidad de energía radiante del Universo es despreciable frente a la densidad de materia. Con estas proporciones, el efecto dispersor de la presión negativa del vacío domina hoy abiertamente sobre la atracción gravitatoria de la materia-energía total, la del vacío, más la "convencional". Así, no es tan sólo que el Universo está en expansión, más rápida cuanto más alejadas entre sí están las partes del mismo que se consideren, sino que esta expansión es hoy una expansión acelerada que, de cara al futuro cósmico, debería acelerándose cada vez más, de manera infinita. [...]

De aquel 30% de materia "convencional", únicamente el 15%, es decir, menos de un 5% del total de materia-energía, está formado por materia ordinaria, es decir, formada de protones, neutrones, electrones y neutrinos, mientras que el resto es materia exótica. [...] En definitiva, aquel 15% de materia ordinaria, sobre el total de materia del Universo, es esencialmente materia bariónica. En este momento el resto de la materia del Universo se piensa que es aquella materia *exótica* prevista por las modernas teorías cuánticas de campos a energías muy altas, diferente de nuestra materia ordinaria. Estas energías son mucho más altas que las más altas energías que hoy podemos conseguir con nuestros aceleradores de partículas más potentes. Por lo tanto, nadie ha sido capaz hasta hoy de producir partículas

de esa materia exótica. Sin embargo, se piensa que debieron de producirse en gran número en el Universo ultra primitivo, cuando las energías presentes eran suficientemente grandes. Ahora, el Universo debería ser altamente rico en este tipo de partículas, hasta el extremo de que representarían el 85% de la materia total del Universo, contra aquel 15% anterior de materia ordinaria.

Hasta hoy nadie ha sido capaz de detectar directamente este tipo de partículas, a pesar de estar presentes en el Universo, o eso parece, en número tan elevado. La interacción de esta materia exótica con la materia ordinaria de que estamos hechos, nosotros y todos nuestros aparatos de medida, es extraordinariamente débil y en consecuencia aquella materia exótica resulta enormemente difícil de detectar. Así, tan sólo se pondría sensiblemente de manifiesto mediante su acción gravitatoria. Es lo que las medidas de la débil anisotropía de la radiación de microondas de fondo parecen haber puesto de manifiesto. [...]

Una vez conocidas H_0 , Λ , y ρ_0 , queda determinada la edad del Universo, que resulta ser de unos 13.700 millones de años, con un error de ± 200 millones de años. Igualmente queda determinada la cuarta constante que falta, la curvatura del espacio cósmico, k . El resultado es que el valor de k que se obtiene es compatible con el valor cero. Este valor cero es el que cabe esperar si el Universo pasó efectivamente por una fase inflacionaria. Los resultados observacionales sugieren la existencia efectiva de aquella remota fase inflacionaria de la vida del Universo. Es más, tanto el campo inflacionario como la existencia de una constante cosmológica, cada cosa por sí misma, implican la existencia de una densidad de energía oscura que se mantiene constante con la expansión del Universo y que lleva asociada una presión negativa afectada de la misma constancia.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 230-233]

Energía del Universo, creación y espuma cuántica. Origen del tiempo

«Los griegos afirmaban que la materia no se crea ni se destruye: tan sólo se transforma. [...]

Si la masa se conserva en todas las circunstancias imaginables, parece que la existencia de un origen para el Universo debería violar de manera severa esta conservación, puesto que antes de ese supuesto origen puede parecer que no había nada, mientras que inmediatamente después alguna cosa habría, al menos toda la masa que ahora existe si desde entonces no se ha creado masa nueva o no se ha destruido una parte. Quisiera llamar la atención sobre la ingenuidad que supone la manera anterior de razonar: en física, de acuerdo con la teoría de la relatividad y la experiencia pertinente, la marcha del tiempo depende del tipo de movimiento del observador y del campo gravitatorio presente, que a su vez depende de la energía y la

materia presentes. La marcha del tiempo va asociada al número de repeticiones, o fracción, de un fenómeno físico recurrente, que se toma como patrón temporal. En una palabra, el tiempo, tanto el tiempo vivido interiormente como el tiempo objetivo de la física, no es una cosa que se pueda concebir al margen de la existencia de la materia y la energía y de sus propiedades. [...]

Nuestra sensación interior del paso del tiempo no es más que la captación intuitiva y no demasiado precisa del número de fenómenos interiores que se suceden durante un ciclo del patrón temporal, cuando este patrón temporal pertenece al conjunto de aquellos fenómenos recurrentes y básicos de la naturaleza que se repiten según una cadencia común a todos ellos.

A partir de lo que se acaba de decir, se entiende con facilidad que la marcha del tiempo pueda depender del estado de la materia y la energía y que no sea razonable pretender hablar del tiempo si detrás del mismo no ha alguna realidad física mínimamente congruente. [...] ¿En el instante $t = 0$, en el inicio temporal del Universo, el adverbio "antes" guarda todavía algún significado? No está, pues, nada claro que la pregunta de qué había "antes" del origen del Universo sea una pregunta formulable. [...]

La masa-energía se conserva sin excepciones: es lo que se conoce como el principio de conservación de la energía.

El hecho verdaderamente notable es que, en el modelo del *big bang*, en los casos ya considerados en que la curvatura es positiva o nula, la energía total del Universo ha sido y es cero! La razón de ello es la siguiente: el contenido material del universo supone una energía positiva, de acuerdo con la fórmula $E = mc^2$, a cuya energía hay que añadir aún la energía positiva de la radiación que llena los amplios espacios siderales, más la energía oscura, hay en forma de constante cosmológica o de quintaesencia. Ahora bien, a diferencia de la materia, la radiación y la energía oscura, que tienen una energía positiva, el campo gravitatorio tiene una energía negativa. En el Cosmos hay efectivamente un campo gravitatorio por doquier. Ocurre entonces que la energía negativa de este campo compensa exactamente la energía positiva de la materia, la radiación y la energía oscura, para dar ahora y antes una energía total del Cosmos nula. [...]

Así pues, el mundo podría haber salido de una nada energética sin violar por ello el principio de conservación de la energía: la energía total del Cosmos habría sido cero en el instante inicial y, al conservarse, habría continuado y continuará siendo cero. A pesar de ello, para que esta nada energética primigenia pueda ser la semilla de nuestro mundo actual debe tener ya un mínimo de la estructura del este mundo, hecha de una separación entre un campo gravitatorio, por una parte, y un contenido energético y material, más o menos exótico, por otra, de manera que la energía total sea nula.

¿De dónde vino, sin embargo, esa estructura física con energía total cero? ¿De la nada? ¿De alguna realidad previa? [...] En física no existe algo como la nada absoluta: la omnipresente indeterminación cuántica lo impide y más concretamente lo que se conoce como fluctuaciones cuánticas del vacío. Para empezar, en cualquier región del espacio convencionalmente vacío se crean continuamente paquetes de energía positiva desde la nada energética, que satisfacen la famosa relación de incertidumbre tiempo-energía de la física cuántica. La relación dice en este caso que cuanto más grande es la energía del paquete creado, más pequeño es el intervalo de tiempo durante el cual aquel paquete energético perdura antes de desaparecer en la nada energética inicial. [...]

Al lado de la creación de paquetes de energía positiva, aquellas fluctuaciones pueden crear también, con una determinada probabilidad, estructuras físicas de energía con un contenido de radiación y de materia, más un campo gravitatorio, compensados entre sí de manera que la energía total sea nula. Unas características que este sistema físico primigenio compartiría con el Universo actual. Por ese camino, a la hora de pensar el origen del Universo, renunciamos claramente a la noción de una nada absoluta, lo que nos libraría de la extrañeza de un Universo que saldría de esa nada para pasar acto seguido a ser alguna cosa.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 234-239]



«En las diferentes versiones de la actual teoría de cuerdas, hay un intervalo de tiempo mínimo, por debajo del cual no tiene sentido considerar intervalo de tiempo alguno. Al lado del mecanismo de la espuma cuántica, donde el espacio y el tiempo están mal definidos, la existencia de un tiempo mínimo en la naturaleza sería otra manera de evitar que pueda formularse la pregunta temible, “qué había antes”. Sin embargo, Gabriele Veneciano argumenta que ese intervalo de tiempo mínimo no tiene por qué significar un origen para el tiempo: el tiempo existiría desde siempre, pero antes del *big bang* fluiría disminuyendo hasta llegar justo a aquel valor mínimo del tiempo, para remontar después su valor de manera siempre creciente como hace ahora. Lo que se llama en física la simetría por inversión temporal haría que las cosas se sucedieran naturalmente tanto cuanto el tiempo disminuye (antes del *big bang*) como cuando aumenta (después de éste), con lo que en definitiva el Universo sería eterno. El problema es que con esta manera de pensar debemos concebir un mundo donde hasta el presente han ocurrido un número infinito de hechos, o eso parece, y cabe preguntarse si la idea de un número infinito de hechos tiene realmente sentido.

Llegamos al final de nuestro recorrido: ésta ha sido la historia de un Universo que, con su espacio-tiempo como escenario, surgió presumiblemente de una fluctuación de la espuma cuántica primigenia,

donde no había ni espacio ni tiempo. Un tipo de fluctuación de energía total nula que ha preservado hasta hoy esa nulidad, de acuerdo con el principio de la conservación de la energía total. Desde entonces, este mundo nuestro se ha expandiendo, en un corto intervalo temporal remotísimo, muy rápidamente y después hasta ahora a un ritmo más sosegado. Durante todo ese tiempo, desde la creación primigenia hasta ahora mismo y en el porvenir, el mundo continúa con su tasa regular de autocreación relativa, anclada en las fluctuaciones cuánticas del mundo microscópico, aquí y allá amplificadas macroscópicamente.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 241]

Consideraciones finales

«Al mirar hacia atrás, el mundo ser repite a sí mismo sin alteración esencial y por lo tanto sin ninguna posibilidad para nosotros de inventar de manera coherente una novedad tan radical como es el origen del mismo. [...] Al final, si queremos pensar este origen del mundo hay que poder pensar la creación como autocreación y la creación del tiempo mismo, así como la imposibilidad en sí misma, de una manera absoluta, una triple posibilidad que nos permite la mecánica cuántica. [...]

Sin embargo, desde el momento en que el modelo del *big bang* nos habla de un momento inicial en que la densidad y la temperatura del Universo serían infinitas, un momento a partir del cual la teoría básica que hay detrás, es decir, la teoría de la relatividad general, ya no puede hacer ninguna predicción, podríamos pensar que éste es realmente el momento inicial. Sería el momento buscado en que se crea el tiempo mismo y por lo tanto el momento primigenio en el que no se puede hacer la pregunta fatídica de “qué había antes”. No obstante, lo que nos dicen aquellas densidades y temperaturas iniciales infinitas, lo que es lo mismo, aquella singularidad inicial, como dicen los físicos, no es que el tiempo se acaba de crear. Lo que dice la singularidad es que, en el pasado de este Universo en expansión, se llega a un medio físico con unas densidades y unas temperaturas tan altas que la teoría empleada hasta entonces para describirlo, la relatividad general, ha dejado de ser válida. Nos hace falta, pues, una nueva teoría de la gravitación si queremos continuar con aquella descripción, y esta nueva teoría no puede ser otra que una teoría cuántica de la gravitación. No tenemos aún esta teoría. Sin embargo, sea cual fuera finalmente esta nueva teoría de una gravitación cuántica, lo que está claro es que, o bien llegaremos a un tiempo mínimo concebible, de acuerdo con la teoría de las cuerdas, o bien a un tiempo por debajo del cual las inevitables fluctuaciones cuánticas del vacío inducirán unas fluctuaciones en la geometría espacio-tiempo que acabarán desproveyendo al tiempo de cualquier sentido definido. En cualquier caso, sería nuevamente la física cuántica la que nos suministraría el mecanismo específico para eliminar el tiempo y también para crearlo, con el fin de poder pensar el origen del mundo.»

[Lapiedra, Ramón: *Las carencias de la realidad. La conciencia, el Universo y la mecánica cuántica*. Barcelona: Tusquets, 2008, p. 243-145]



«La supernova SN2002dd es una de las más lejanas descubiertas y nos muestra una época del pasado en la que aún dominaban los efectos gravitatorios (atracción) sobre los de la energía oscura (repulsión).

¿Qué es la energía oscura? Quizá, junto con el origen de la vida, ésta sea la cuestión más fundamental que la ciencia tiene planteada hoy en día. Hemos descubierto un gran vacío en nuestro conocimiento. Desconocemos algo que actualmente llena casi todo el Universo y ejerce una fuerza repulsiva. Una fuerza que compensa los efectos de atracción gravitatoria debidos a la materia y los supera, acelerando el ritmo al que se está expandiendo el Universo desde que se originó, en el Big-Bang. Si el Universo estuviese vacío, el ritmo de expansión sería constante, mientras que la presencia de materia o energía, tal y como las conocemos, frena dicho ritmo por sus efectos gravitatorios.

Hace una década aún no se hablaba de energía oscura, se hablaba de materia oscura, del ritmo de expansión, de su desaceleración, de la geometría del Universo... entonces hacíamos el inventario de las componentes de Universo y las cuentas no cuadraban. El fondo de radiación cósmica apuntaba a una densidad (incluyendo todo tipo de materia y energía) equivalente a unos 6 núcleos de hidrógeno por metro cúbico, la llamada densidad crítica, cuyo crítico significado también ha cambiado en el modelo cosmológico actual. Pero la componente dominante de tal densidad no podía ser hidrógeno, ni ningún otro átomo, ni tampoco una materia diferente (y aún por identificar) llamada materia oscura fría porque todos estos tipos de materia ejercen fuerzas de atracción gravitatoria que se pueden medir. Y midiendo estos efectos gravitatorios podemos acotar la cantidad de materia responsable de los mismos y concluimos que, como mucho, la densidad de materia puede ser un 30 % de la densidad crítica. Nos faltaba un 70 % de algo y ese algo tenía que ser realmente exótico.

Tan exótico como requería el sorprendente resultado obtenido independientemente por dos grupos de astrónomos que observaban supernovas termonucleares lejanas con el objetivo de medir cuánto se frenaba el ritmo de expansión del Universo. Los grupos liderados por Brian Schmidt ("High Redshift Team") y Saul Perlmutter ("Supernova Cosmology Project") desencadenaron en 1998 una revolución cosmológica al encontrar que el ritmo de expansión del Universo en vez de frenarse, se aceleraba. Desde entonces la calidad y cantidad de datos astronómicos, en todos los frentes, no ha hecho más que aumentar y confirmar los resultados anteriores. [...]

Teniendo en cuenta estas nuevas y lejanas supernovas, el conocido y familiar método de los faros cósmicos indica, con un 99% de fiabilidad, la presencia de una componente que acelera el ritmo de expansión, **la**

energía oscura. En concreto, si consideramos además los datos del **fondo de radiación cósmica**, concluimos que hasta un 70 % del Universo es dicha componente. Finalmente las cuentas cuadran, lanzándonos quizás al vacío.

Efectivamente todas las evidencias astronómicas son compatibles con que la energía oscura sea la energía asociada al **vacío cuántico**. El vacío no está realmente tan vacío, hay partículas que se crean y se destruyen continuamente, que existen solo durante un tiempo muy breve. Asociada a estas partículas hay una energía que cumple todos los requisitos. Es más, las supernovas indican que inicialmente la expansión del Universo se frenó y posteriormente se aceleró y esta es precisamente una característica que tendría la energía del vacío: **al expandirse el Universo la densidad asociada con la materia disminuye, pero la asociada al vacío, que es una propiedad del espacio mismo, permanece constante**. De esta forma, la densidad de materia dominaría en el pasado, frenando el ritmo de expansión, y en un cierto punto (que las supernovas muestran) pasó a dominar la energía del vacío y el ritmo de expansión comenzó su aceleración. El problema aquí es que entre la energía del vacío estimada teóricamente y la que se necesita para explicar las observaciones astronómicas hay una discrepancia muy grande, excesivamente grande, tanto que, de nuevo... ¡algo no cuadra!

El modelo cosmológico compatible con todas estas observaciones es el llamado "**Universo con constante cosmológica y materia oscura fría**", un nombre que nos recuerda directamente todo lo que no sabemos. Conocemos la materia de la que esta hecha la Tierra, el Sol, las estrellas, nosotros, esa materia se encuentra en todo el Universo y está ahí desde el principio, desde el Big-Bang, pero su densidad sería solo un 5 % de la densidad crítica. El otro 95 % aún se nos escapa. Varios experimentos tratan de identificar la materia oscura fría, cuya cantidad podemos estimar por sus efectos gravitatorios, su densidad sería un 25 % de la crítica. Y algo más lejos estamos de entender el 70% restante: la energía oscura o energía del vacío o, como la llamó Albert Einstein, **la constante cosmológica**. Una constante que Einstein introdujo en sus ecuaciones para compensar la gravedad y que rotundamente descartaría posteriormente. [...]

Entender el origen de la energía oscura es todo un reto, también lo fue para Joe Simpson caer y salir del vacío, algo fuera de todas las expectativas. Este reto nos puede llevar a resolver otros problemas fundamentales, como unificar la gravedad con las otras fuerzas o quizás entender el espacio-tiempo de una forma distinta. Además de los proyectos relacionados con las supernovas hay nuevos experimentos previstos o ya funcionando: aceleradores de partículas, grandes telescopios, satélites, simulaciones numéricas en grandes ordenadores, cálculos teóricos... y mientras, en estas calurosas noches de verano, "la luna gira en el cielo sobre las tierras sin agua" (Federico García Lorca), seguimos sorprendiéndonos al mirar las estrellas, sintiendo curiosidad y atracción que es lo que desde siempre nos lleva a descubrir, a descubrir incluso el vacío.»

[Inmaculada Domínguez y Mar Bastero (profesoras del Departamento de Física Teórica y del Cosmos de la Universidad de Granada): "Tocando el vacío: energía oscura y supernovas". En: *El País* - 18/08/2009]



«Investigadores de EEUU proponen una teoría que descarta la existencia de energía oscura, considerada hasta ahora el ingrediente principal del cosmos.

En la década de 1990, los científicos pensaban que la expansión del universo posterior al gran estallido del Big Bang se estaba desacelerando, como consecuencia de la fuerza de la gravedad. En teoría, toda la materia repartida por el cosmos tiraba de los frentes de expansión hacia adentro, al igual que el planeta atrajo a la manzana de Newton. Sólo había un pequeño contratiempo: nadie lo había comprobado.

Un equipo de astrónomos se puso a ello mediante la observación de las supernovas más alejadas de la Tierra y detectó un fenómeno que iba en contra del sentido común. El universo se expandía, sí, pero a una velocidad cada vez mayor. Algo tiraba del cosmos hacia el exterior. Los científicos teóricos no sabían lo que era esa "cosa", como la califica la Nasa, pero calcularon cuánta había: aproximadamente el 74% del universo era esa cosa. Y le pusieron un nombre: energía oscura.

Otro 22% estaría compuesto por la llamada materia oscura, una sustancia de composición desconocida que no puede ser observada con los medios actuales pero cuya existencia se deduce de sus efectos gravitacionales en las estrellas y galaxias cercanas. Así que toda la materia conocida y visible mediante los instrumentos humanos, los mismos átomos que dan consistencia a este periódico, apenas significarían un ridículo 4% de la receta del universo.

¿Un nuevo paradigma?

Durante un decenio, los astrofísicos han trabajado con esta hipótesis. La gravedad atrae al universo hacia el interior, mientras que la expansión lo empuja hacia el exterior. La energía oscura, infiltrada en cantidades inimaginables en el cosmos, se pondría del lado de la expansión para inclinar la balanza. La teoría, a falta de otra mejor, ha convencido a la comunidad científica hasta la fecha, pero hoy podría nacer un nuevo paradigma.

Los investigadores Blake Temple, de la Universidad de California, y Joel Smoller, de la Universidad de Harvard, publican hoy en la revista PNAS un modelo basado en las ecuaciones de Einstein que no requiere la energía oscura para explicar la anómala aceleración del universo. Según estos autores, la expansión del cosmos no es igual en todos sus puntos. El universo, dicen, se esparce en ondas, lo que explicaría la misteriosa aceleración de las galaxias.

"Este intento es más enrevesado que el de la energía oscura", opina sobre la nueva teoría el director del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón, Mariano Moles. [...]

En cualquier caso, el director del futuro observatorio aragonés es escéptico respecto al nuevo estudio. En su opinión, la teoría tiene un gran talón de Aquiles: viola el principio copernicano, que estipula que el universo es igual se mire desde donde se mire. Según la teoría de ondas de expansión, un observador situado en uno de esos frentes no vería el cosmos de la misma manera, igual que un surfista encaramado a una ola no ve la realidad del mismo modo que un bañista en mar abierto.

Para el investigador Narciso Benítez, que participó en la construcción de la cámara avanzada del telescopio espacial *Hubble*, responsable del hallazgo de la expansión acelerada del universo, "este tipo de puntos débiles son los que te hacen predisponerte en contra de las nuevas hipótesis". El modelo de cosmos propuesto por Temple y Smoller ignora el principio copernicano y modifica la Teoría de la relatividad general de Einstein, viga maestra de la cosmología moderna. Ambos puntales son, según Benítez, "sagrados" para la mayor parte de los cosmólogos.

El cosmólogo español, actualmente en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), trabajaba en 1998 en la Universidad de California, en Berkeley, cuando en el despacho de al lado el equipo dirigido por el astrónomo Adam Riess observó que la expansión del universo metía el turbo. A su juicio, "la energía oscura sigue siendo la explicación más plausible a la expansión acelerada del cosmos", aunque no se sepa qué diantres es. Pero este detalle parece ser irrelevante. "Es como si hubiese un saco y tuviéramos la certeza de que hay algo dentro. Da igual que no sepas lo que es, sabes que está lleno y puedes conocer sus propiedades", aclara.»

[Manuel Ansede: "¿Y si el 74% del universo no existe?". En: *Público.es* - Madrid - 18/08/2009]

CERN, el Laboratorio Europeo de Física de Partículas. El gran acelerador LHC que revelará el origen del universo En el detector Atlas, donde chocarán las partículas aceleradas por el LHC a velocidades hasta ahora inéditas, se estudiarán por primera vez "los componentes más pequeños e indivisibles y las leyes que los rigen", lo que ayudará a entender qué pasó "en los instantes posteriores al Big-Bang". Debería demostrar la existencia del bosón de Higgs, que nunca ha sido observado, y revelar la composición de la materia oscura.

La constante de Planck: Una acción es una energía multiplicada por cierto intervalo de tiempo. La constante de Planck, simbolizada con la letra h (o bien $\hbar=h/2\pi$, en cuyo caso se conoce como constante *reducida* de Planck), es una [constante física](#) que representa al cuanto elemental de [acción](#). Es la

relación entre la cantidad de energía y de frecuencia asociadas a un cuanto o a una partícula. Desempeña un papel central en la teoría de la [mecánica cuántica](#). La constante de Planck relaciona la energía E de los [fotones](#) con la frecuencia ν de la onda lumínica (letra griega nu) según la fórmula: $E = h\nu$

Para Planck, la materia sólo puede tener estados de energía discretos y no continuos. Con esta hipótesis, Planck tumbó todo aquello en que se basa la [mecánica clásica](#), en la que lo continuo se usa y entiende de forma natural. La constante de Planck aparece igualmente dentro del enunciado del [principio de incertidumbre](#) de [Heisenberg](#).



EL FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS

«Llega un concepto complejo: la distancia a la que se encuentra un objeto está directamente relacionada con el tiempo que su radiación tarda en llegar al telescopio. Esto es así porque la luz (entendida como cualquier radiación del espectro, ya sea luz roja, verde, infrarrojo, rayos X.) se desplaza a una velocidad finita de 300.000 km/s. Un año luz, la medida del espacio recorrido en un año por la luz, equivale a 10 elevado a 13 km/s (diez billones de kilómetros!). Como la luz es la transmisora de la información, obtendremos datos del objeto en su pasado, reciente o lejano según el kilometraje recorrido. En la vida diaria, tenemos la impresión de ver lo que ocurre simultáneamente porque las distancias son cortas y la velocidad de la luz muy elevada, pero, por ejemplo, el Sol siempre lo vemos como era hace unos ocho minutos, aunque no seamos conscientes de ello.

Si me desplazo corriendo treinta kilómetros para visitar a un amigo, pongamos que voy a 10 km/h, al llegar le explicaré cómo estaba mi familia hace tres horas, las que tardo en recorrer el camino. Yo soy el transmisor de la información, lo mismo ocurre con la radiación astronómica, que cuenta el pasado del universo, tanto más pasado cuánto más trayecto ha recorrido. La más antigua se originó en los comienzos de todo lo que conocemos, hace más de 13.000 millones de años, y refleja cómo era el universo en ese momento. Estamos hablando de la radiación de Fondo Cósmico de Microondas.

Es la radiación más antigua que se observa y baña el universo entero. Es residuo del Big Bang y contiene información acerca del origen del universo, cuando era mucho más joven y caliente.

El Fondo Cósmico de Microondas (CMB en sus siglas en inglés por Cosmic Microwave Background) es una radiación casi homogénea que fue liberada 300.000 años tras el Big Bang, el proceso que dio lugar al universo a partir de un grupo de materia extremadamente densa que se expandió, según la teoría actualmente aceptada.

El CMB se distingue de las demás fuentes radiactivas porque procede indistintamente de cualquier lugar. Baña, por decirlo de algún modo, el universo entero. Las irregularidades que se distinguen en él, las llamadas anisotropías, son el origen de las estructuras a gran escala que conocemos, como las galaxias y los cúmulos de galaxias. La radiación del Fondo Cósmico de Microondas es parecida a un embrión en el cual no se distinguen las partes del ser vivo al que dará lugar con el paso del tiempo.

A la espera de que la sonda europea Planck tome el relevo en el estudio de la Radiación de Fondo, la mejor «foto» que tenemos de esta es la procedente de la Sonda de las Anisotropías Microondas Wilkinson (WMAP en sus siglas en inglés por Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Una emoción parecida a la que genera la primera ecografía de un futuro bebé nos invade al saber que esta imagen muestra nada más y nada menos que el origen del universo tal cual lo conocemos hoy. Esta radiación está en todas partes, también aquí al lado. Después de ver la ecografía del universo entero, empezamos un trayecto desde lo más lejano que hemos podido conocer hasta el planeta en el cual habitamos: la Tierra.»

[http://cvc.cervantes.es/ciencia/sorpresas_cosmos/apendice.htm#ap_02]



Últimas noticias sobre Dios y el Universo

El caso de los científicos, en particular los físicos, como Stephen Hawking, que se meten a teólogos es preocupante. Si no es posible demostrar la existencia de Dios, así como su inexistencia ¿por qué no dejar ya en paz de una vez a creyentes y no creyentes?

ANTONIO VAQUERO
El País - 26/10/2010

La literatura sobre la relación entre la religión (Dios) y el Universo es, desde que existen religiones institucionalizadas, tan desbordante e inagotable como injustificada.

Si no se adaptase la teología a la ciencia, las iglesias no se mantendrían en pie.

La teología, que en principio debería ser inmutable como conjunto de creencias canónicas en las iglesias monoteístas, va cambiando a remolque de la ciencia desde mucho antes de Galileo. De manera que son los científicos (la ciencia) los que hacen rectificar a los teólogos. Este fenómeno se oscurece cuando los científicos hablan sobre las relaciones entre Dios y el mundo.

El último científico, por ahora, en tratar el tema es Stephen Hawking, especialista en superventas que *todo el mundo* dice que entiende. Ahora lanza el libro *The grand Design*.

Resumiendo, Hawking dice: El origen del Universo no necesita de un creador, sino que podría haberse creado él mismo de la nada. La catarata mediática que se está produciendo resucita lo discutido sobre el tema, ya que en el fondo no hay nada nuevo.

Ahora se anuncia un libro, del profesor Javier Leach, SJ, de la cátedra ICADE *Ciencia y Religión*, sobre Matemáticas y Religión. Más leña al fuego. También podrían sucederle otros libros sobre Física y Religión, de lo que se ocupa Hawking, Química y Religión, Lingüística y Religión. Y, ¿por qué no?, por capítulos: Lógica y Religión, Aritmética y Religión, etcétera.

Existen también muchos *blogs* activos, fuera y dentro de nuestro país sobre teología y ciencia, mantenidos por instituciones generalmente católicas.

No tiene sentido este interminable discurso de texto teológico difícil de digerir incluso por sus autores, como vamos a ver.

Las reflexiones aquí vertidas no son una improvisada erupción para añadir leña al fuego. Están basadas, por una parte, en estudios sobre el lenguaje, en particular sobre los enunciados que parecen entenderse pero puede demostrarse que no tienen sentido y, por otra, en fundamentos de la física. El objetivo es apagar el fuego que se está propagando y que parece inextinguible.

Lo primero, obviamente, es dar carpetazo al tema de la existencia de Dios. Si no es posible demostrar su existencia, así como su inexistencia, ¿por qué no dejar ya en paz de una vez a creyentes y no creyentes con estas insufribles matracas?

A continuación, vienen unas consideraciones sobre el sentido de ciertas frases que se dicen. Hoy es demostrable que, en general, las cosas que se dicen sobre Dios no se entienden, no tienen un significado razonable (explicable por la razón). Por ejemplo, cuando se dice "Dios ha creado todas las cosas, pero no se ha creado a sí mismo", se incurre en una paradoja. Técnicamente en Lógica se trata de **la paradoja de Dios**, un caso de paradoja de Russell, que ha sido verificada y publicada (Vaquero, A. *Una paradoja divina*. Revista Novática, núm. 199. 2009).

Dicha paradoja viene a concluir que el predicado "Dios se ha creado a sí mismo" es falso, como también es falso "Dios no se ha creado a sí mismo".

Esta paradoja de Dios no tiene nada que ver con su existencia o su naturaleza. Simplemente pone un freno a tanta palabrería sin sentido sobre Dios y el Universo, tanta teología irrazonable. Cuando los teólogos se dignen revisar su actual versión de la teología, aparecerá otra teología actualizada. Así ha sido siempre, ya que no se puede ir contra las verdades científicas por mucho tiempo. Si no se adaptase la teología a la ciencia, las iglesias no se mantendrían en pie.

El caso de los científicos, en particular los físicos, que se meten a teólogos es preocupante, como Hawking. Cuando meten a Dios en su discurso o

intentan explicar *el origen del Universo*, se olvidan de los fundamentos de la física.

La línea argumental de Hawking es:

El tiempo se comporta como el espacio, según las teorías unificadas de la física. Ello autoriza a decir que el Universo tuvo un principio, como creen los creyentes. Pero el principio del Universo no necesita de Dios para tener lugar, sino que está gobernado por las leyes de la ciencia. El Universo, los Universos en la teoría unificada, están en un estado de expansión. *El origen del Universo parte de fluctuaciones cuánticas que conducen desde la nada a la creación de minúsculos Universos*. Y de ahí a la expansión en la que seguimos.

¡Qué petulancia! Que el tiempo se comporte como el espacio, o que el Universo esté en expansión, no autoriza a inferir un origen del Universo. Antes al contrario, puesto que no hay referentes absolutos en física, ni clásica ni cuántica.

En efecto cuando se dice "de la nada surgió algo", ¿qué se entiende por "**la nada**"? ¿Ni espacio ni **tiempo**?

Para Hawking había fluctuaciones cuánticas que dieron lugar al origen del Universo. Entonces, según él, había algo antes del origen. El Universo existía, pero ¿cuándo? ¿Cuando aún no había materia? Entonces ¿qué había? Nada, contestaría Hawking. Pero *nada* quiere decir ni espacio ni tiempo. Entonces, según su argumento, "existía el Universo antes de que hubiera tiempo". *No puede hablarse de antes sin la existencia de tiempo. La contradicción es evidente*. En física el llamado *instante cero* no tiene cabida. No se confunda ese **instante cero** con tomar una referencia temporal para medir el tiempo, porque antes de ese instante tomado como referencia también había tiempo. Es ésta y no otra la percepción humana del tiempo. El gran Aristóteles ya lo tenía bien claro: *El Universo siempre existió*.

Por lo que se refiere al **espacio**, Einstein echó por tierra todo referente absoluto. No se puede concebir el espacio en física sin un sistema de referencia material. Entonces, *si no se puede concebir el espacio sin materia, tampoco es concebible la ausencia del mismo*.

Así pues, **el instante cero** y **la nada** no tienen cabida en física; es decir, en la mente humana.

La última reflexión es para probar que Hawking incurre en un caso idéntico al de la paradoja de Dios: La paradoja del Universo. Si el Universo existía antes del instante cero, entonces se le supone una existencia previa y separada de las cosas que fueron apareciendo, a las que llamamos Universo. En ese caso, el predicado "el Universo se hizo a sí mismo" es falso. En definitiva, se sustituye por el Universo a Dios más lo creado, pero sin alterar el significado de creador y creación.

Una última observación: Si Hawking pudiese probar su tesis, habría demostrado que Dios no existe.

Conclusiones:

1) Sabemos poco sobre el Universo.

2) Menos teología y más ciencia. Lo dice el mismo Hawking: La filosofía ha muerto. Totalmente de acuerdo, ya que la filosofía es o bien ciencia o bien conjeturas no verificables. Pero él se contradice porque su argumentación es pura filosofía, no es ciencia en absoluto. Así pues, zapatero a tus zapatos.

Antonio Vaquero es catedrático emérito de la Universidad Complutense de Madrid.

[Impressum](#) | [Datenschutzerklärung und Cookies](#)

Copyright © [Hispanoteca](#) - Alle Rechte vorbehalten