

## ESTUPOR Y MISTERIO: ORIGEN DEL UNIVERSO

Dr. Manuel Carreira, S.J.

### Presentación

Hablaremos de un tema que a primera vista es muy difícil de tratar empíricamente: ¿Cómo fue el origen del Universo? ¿De dónde viene el universo? ¿Cómo comenzó y cómo se ha desarrollado hasta ahora? Primero aclararemos ideas básicas acerca de qué es ciencia... En el modo técnico de hablar de hoy es el estudio de la actividad de la materia que puede comprobarse de algún modo con un experimento, con una medida. Lo que no se puede expresar con una medida o un experimento no es ciencia, no quiere decir que no sea importante, pero hay que estudiarlo de otra manera. Piense usted que le da a un científico un cuadro de Miguel Ángel. Él no podrá demostrar que es una gran obra de arte, no puede, no hay expresión que mida su valor artístico; o denle un libro del Quijote, capaz pueda decirnos cuántos gramos de celulosa contiene, cuánto es el volumen, cuánto es la densidad, pero no puede decir el valor literario.

Lo que no se puede expresar en números queda fuera del ámbito de la ciencia. Le doy un dato al científico y él no puede responder por más que lo mida. Le damos un vaso, lo mide, pero no podrá demostrar para qué sirve. Podrá decir que para poner una planta y no para tomar agua. ¿Por qué hay algo en lugar de nada? La ciencia trata de lo que existe; de esta manera, se pueden estudiar las propiedades... ¿Cuál es el origen del universo? ¿Para qué es el universo? ¿Cómo era el universo en el tiempo anterior? ¿Tendrá los mismos elementos que ahora? ¿Será la misma materia? ¿Estará regida por las mismas leyes? Hay que considerar al universo como un único objeto de estudio y verlo dentro del ámbito de la experiencia. No se conoce la dimensión exacta, pero por los principios cosmológicos de homogeneidad la visión que de él se tiene debe ser igual a la tuya, y tienen que ser universales y constantes. Una noche salimos y vemos el cielo lleno de estrellas, realmente si una noche tiene pocas estrellas entonces la cantidad de estrellas no es ilimitada. Dos cosas tengo que hacer notar, el cielo es oscuro, no está totalmente lleno de estrellas; que el cielo está básicamente oscuro y que hay pocas estrellas indica que no hay un número infinito de estrellas, ésta es una de las primera paradojas de la cosmología ¿Por qué el cielo es oscuro de noche? Porque no están brillando un número infinito de estrellas. Por otra parte, hay estrellas. ¿Qué es una estrella? Es una hoguera, más

técnicamente es un reactor nuclear que está produciendo luz y calor por reacciones nucleares; pero, una hoguera o un reactor tienen una gran cantidad de combustible y terminan quemándose y entonces se apagan; el que hoy puedan verse estrellas inmediatamente me exige una respuesta que me lleva a dos afirmaciones que parecen extrañas: o unas estrellas no han durado demasiado tiempo y por eso hay estrellas brillando, que no se han apagado todas, o me hacen pensar que cuando las estrellas se apagan otras aparecen en su lugar. Si digo que el universo tiene una edad relativamente corta, de tal modo que las estrellas no han tenido tiempo de apagarse, entonces tengo que decir ¿Qué hubo antes? El universo tiene una edad y debemos ser capaces de calcular esa edad. Y entonces uno debe preguntarse ¿Qué hubo antes?, pero, si hemos dicho que la materia comienza, entonces no hay materia antes, no hay nada. Entonces, el paso de nada a algo no lo puede explicar la Física. Es la palabra creación la que explica el paso de nada a algo y la Física nunca habla de creación. Y si digo que aparecen nuevas estrellas de la nada para sustituir a aquellas que se apagan, tampoco la Física me puede decir cómo aparecen estrellas de la nada. Es así que me veo obligado a hacer preguntas más allá de la Física, porque la Física no tiene respuesta. Y si digo que el universo no tiene un número infinito de estrellas entonces me parecerá lógico decir que si yo viajo a una dirección determinada voy a llegar al límite del universo o a un borde del universo, pero esto no es aceptable porque hemos dicho que el universo debe de ser homogéneo, porque cualquier observador donde quiera que esté tiene que tener el mismo panorama visual que yo tengo. Y si alguien está muy cerca del borde verá en la otra dirección muchas estrellas. No puede aceptarse eso, entonces el universo no puede tener bordes, pero no puede ser infinito tampoco. Pero si no tiene bordes no puede tener centro; ¿Cómo se compagina todo esto? Necesito encontrar una explicación aceptable físicamente de un universo que no tiene bordes, que no puede ser infinito y que tiene que tener creación de materia... Todo esto es lo que la cosmología científica tuvo que plantearse hace 100 años, en los comienzos del siglo XX, y ahora en el siglo XXI podemos decir que sabemos la respuesta. La ciencia ha ido con sus métodos, con medidas cada vez más exactas, aunque cada vez más completas, desvelando cuáles son las respuestas.

## ENTRE EL ESTUPOR Y LA UTOPIA: EL PRIMER GRITO DEL UNIVERSO

Las cosmogonías primitivas, incluyendo muy probablemente el relato del Génesis, se limitan a describir un proceso de estructuración de un caos original, expresado en términos de un océano tenebroso, donde monstruos pueden tener guarida y que se supone es eterno. Se discute la posibilidad de que Aristóteles haya expresado el concepto de creación -comienzo en

un sentido estricto- sin que haya, según los intérpretes más numerosos, una respuesta convincente.

En las cosmogonías de Asiria, Mesopotamia, o en las sagas nórdicas, se dan luchas entre dioses, que utilizan los cuerpos de los vencidos como materia prima para las estructuras básicas de cielo, tierra y raza humana. Lo mismo podemos encontrar en algunos mitos del Nuevo Mundo (Aztecas, Incas) y en muchos otros pueblos. En las tradiciones de la India y otras culturas orientales se presenta, en un plan más filosófico, una evolución de la divinidad, que por un desarrollo cíclico da lugar al mundo material y en él a la humanidad: no hay verdadera distinción entre el dios (apenas de carácter personal) y el mundo. Por todo ello no hay creación ni comienzo absoluto, sino emanación, posiblemente en un proceso eterno.

Según Sto. Tomás de Aquino sería filosóficamente sostenible la hipótesis de un mundo creado en la eternidad, que ha existido durante un tiempo infinito. No se planteaba el problema de la duración ilimitada de procesos físicos, como la producción de energía en las estrellas: los astros, siendo de naturaleza distinta que la materia del mundo sublunar, podrían brillar indefinidamente sin requerir ningún tipo de combustible. Tampoco había ninguna indicación, a simple vista, de que el Universo evolucionase en forma alguna; ni se buscaba una razón física de los movimientos de los astros del sistema solar a través de las "estrellas fijas", pues faltaba realmente el concepto de interacción por fuerzas físicas.

Esta hipótesis filosófica de un mundo eterno era el supuesto común entre los científicos de los siglos que siguen al florecer de la ciencia tras los geniales trabajos de Newton: un Universo básicamente estático e inmutable, infinito en sus dimensiones espaciales y temporales, máquina perfecta y autónoma sin principio ni fin, en la que "nada se crea ni se destruye". El papel de Dios, explícitamente aceptado por Newton (entre otros muchos científicos de los siglos XVII y posteriores), consistía en ajustar periódicamente las órbitas planetarias para que sus múltiples perturbaciones gravitatorias no terminasen en un caos destructor del gran "reloj" del sistema solar.

Las consecuencias paradójicas de admitir la infinitud espacial y una masa infinita de estrellas se formularon precisamente por la extrapolación del raciocinio científico. La paradoja de Olbers, popularizada por este autor, exigía un cielo sólidamente tachonado de estrellas y tan brillante en todos sus puntos como la superficie del Sol, pues en un Universo eterno aun posibles nubes opacas, que ocultarían las estrellas lejanas, deberían alcanzar un equilibrio térmico que convertiría su materia oscura en una fuente de luz de la misma potencia. Fuerzas gravitatorias causadas por una masa infinita en todas direcciones deberían cancelarse exactamente, dando una fuerza neta de valor cero, sobre todo suponiendo (como había hecho Newton) una velocidad infinita de propagación para su efecto atractivo, aunque la objeción sigue en pie con cualquier velocidad finita si el Universo es eterno.

El desarrollo de la Termodinámica, con sus leyes de la conservación y degradación de la energía, lleva a la necesidad de contestar a una nueva pregunta: ¿por qué brillan todavía las estrellas? Siendo fuentes de energía, que exige algún tipo de combustible, deben llegar a agotar cualquier reserva y tienen que terminar apagándose. Es necesario, por lo tanto, enfrentarse con un dilema en que ambas posibles respuestas contienen el concepto de creación: o bien el Universo es joven, y la mayoría de las estrellas no ha tenido aún tiempo de agotarse (creación del Universo en su totalidad en un tiempo relativamente reciente, comparable a la vida media de una estrella), o el Universo es eterno, pero hay creación de nueva materia para que se formen nuevas estrellas al ritmo necesario para compensar la muerte de las que agotan sus combustibles nucleares. Es un hecho extraño el encontrarnos, en una época de tanto aprecio por el raciocinio científico, con un silencio general acerca de este dilema, aunque se discute la fuente de energía del Sol y se ve la imposibilidad de reconciliar las edades de la vida en la Tierra con procesos energéticos basados en la combustión química o en la contracción gravitatoria. Parece haber un rechazo meramente instintivo de toda idea de un posible comienzo; veremos que este rechazo perdura durante mucho tiempo, aun después de encontrar razones experimentales que apoyan la finitud temporal.

Es importante notar que el principio antes enunciado - "nada se crea ni se destruye" - es solamente una constatación de que ningún proceso de transformación de la materia altera el acervo total de masa-energía en un experimento, o en cualquier interacción explicable por las cuatro fuerzas del mundo físico. Tiene valor como criterio de contabilidad experimental en el laboratorio, y ha llevado, lógicamente, a predecir nuevas partículas (neutrinos) o formas de energía para obtener el balance correcto en situaciones cuando parecía violarse. Pero deja sin responder la pregunta más básica acerca de la existencia de la materia misma y de sus fuerzas (modos intrínsecos de actuar la materia ya existente); pregunta que permanece en cualquiera de las dos respuestas de creación y que no permite elegir entre ellas. Tal elección debe hacerse según el criterio científico de comprobación experimental de cualquier hipótesis y sus consecuencias previsibles y calculables.

La Teoría de la Relatividad Generalizada, propuesta por Einstein en 1915, introdujo un nuevo elemento teórico en la discusión: las ecuaciones de un Universo cuatridimensional, con un espacio-tiempo que se curva por la presencia de toda la masa-energía existente, exigen que la totalidad material sea un sistema evolutivo, en expansión o en contracción<sup>1</sup>. El espacio tridimensional observable debe aumentar o disminuir de volumen como función del tiempo, con la consecuencia de que los cúmulos de galaxias cambiarán sus distancias relativas con la edad del Universo, arrastradas por la expansión o contracción del mismo espacio vacío (aunque las galaxias se mantengan sin cambio dentro del cúmulo por estar en un conjunto gravitatorio estable, y lo mismo deba decirse de las estrellas y planetas en estructuras de menor amplitud).

---

<sup>1</sup> Tal consecuencia fue indicada a Einstein en varias cartas por el astrónomo holandés, De Sitter. Einstein mostró su "irritación" ante el resultado imprevisto.

Como consecuencia de este cambio de volumen, la densidad del Universo también varía con el tiempo. Y si el Universo se expande, su previa evolución debe llevarnos a un comienzo calculable en el pasado.

Sea cual fuese la reacción personal de Einstein a estas consecuencias, ningún astrónomo de aquel entonces tenía razón alguna de observación para aceptar un cambio evolutivo de estas características: no había datos que lo apoyasen. En muchos, como mostró su comportamiento subsiguiente, se daba también el rechazo instintivo de una conclusión filosófico-teológica que la ciencia no podía incorporar en su metodología de causas y efectos, regidos siempre por leyes de la materia. Por eso no es de extrañar que Einstein intentase cambiar sus ecuaciones para que permitiesen un Universo estático, introduciendo la “constante cosmológica”, equivalente a una anti-gravedad que anularía, a gran distancia, la tendencia de las galaxias a concentrarse por su atracción mutua. Tal constante se interpretaba como una energía intrínseca al vacío físico, de intensidad exactamente tal que cancelase la curvatura positiva del espacio debida a la presencia de masa, en el caso de grandes espacios alejados de concentraciones de galaxias. Así parecía posible evitar cualquier movimiento sistemático de las grandes masas por sus fuerzas gravitatorias.

No tardó mucho en demostrar el matemático ruso Friedman que las ecuaciones, aun con la constante cosmológica, mostraban un Universo inestable: cualquier movimiento de masas rompería el equilibrio global y daría lugar a la expansión o contracción que se había querido evitar. Lo mismo calculó independientemente el astrofísico y sacerdote belga Lemaitre en 1927 (aunque su deducción apenas fue conocida hasta 1930): no es posible un Universo estático de acuerdo con las leyes de la Física. Y, para sorpresa de todos los físicos y astrónomos, anunció Edwin Hubble en 1929 la inesperada comprobación de que el Universo se expande: el estudio de galaxias externas al Grupo Local mostraba un corrimiento al rojo de sus líneas espectrales proporcional a su distancia de nosotros. Por afectar igualmente a todas las longitudes de onda, el corrimiento no podía atribuirse a ningún fenómeno de interacción con un medio intergaláctico o de carácter local: la única explicación aceptable era la de un “efecto Doppler” indicativo de velocidades crecientes de recesión. Tal expansión isotrópica, en que los cúmulos de galaxias se ven arrastrados por la expansión del espacio mismo, incrementa también las longitudes de toda onda que atraviesa el espacio, en proporción exacta a la longitud de onda original y a la distancia de la fuente emisora<sup>2</sup>.

Confesó Einstein que la introducción de la constante cosmológica había sido el mayor error de su vida: tuvo en sus ecuaciones la predicción más asombrosa en la historia de la ciencia, y no se atrevió a aceptarla. Y la razón básica de tal resistencia es la misma que ocasionó disgusto y escepticismo en muchos astrónomos: la consecuencia necesaria de admitir un Universo de volumen cada vez más reducido en el pasado y, finalmente, de llegar a un comienzo a partir de

<sup>2</sup> Einstein viajó a California desde Berlín para visitar a Hubble y convencerse de que sus espectros realmente indicaban la expansión del Universo. Así lo anunció luego a la prensa.

algo arbitrariamente próximo a volumen cero según nos aproximamos al momento inicial de la expansión. Por ser el tiempo, según la Relatividad, un parámetro de la materia, también es necesario decir que “antes, no había antes”, y que el comienzo marca el paso total de nada a algo, la verdadera creación de todo lo que es el conjunto de realidades materiales del Universo observable, con sus componentes y sus leyes. También la Física debe comenzar.

La paradoja termodinámica tenía una solución: el Universo no es eterno. Y esto mismo indicaban también los estudios de procesos nucleares, que al explicar la producción de energía en las estrellas llevaban a una época previa en que toda la masa del Universo debía existir en forma de Hidrógeno solamente, materia prima para la formación de núcleos más pesados por reacciones a temperaturas progresivamente crecientes en las estrellas de suficiente masa. La abundancia de Hidrógeno en los astros que estudiamos apunta a una edad relativamente breve de evolución, pues de ser indefinidamente amplio el tiempo, todos los átomos serían ya más complejos. Y la edad calculada por la expansión es del mismo orden de magnitud que la que se deduce de la desintegración de materiales radioactivos, de la evolución de estrellas en cúmulos globulares, y del tiempo límite para la estabilidad de cúmulos de galaxias.

A pesar de toda reacción de disgusto, se hizo necesario hablar científicamente de un comienzo, y la palabra “creación” se introdujo en el vocabulario de la Cosmología, aunque fuese solamente en un sentido mínimo, que indica la necesidad de llegar a un límite temporal en el proceso de inferencia de condiciones previas a partir de los datos actuales, pero sin querer darle un contenido filosófico. La hipótesis de Lemaître propuso un comienzo explosivo, con un “super-átomo” radioactivo del cual se formarían por sucesivas desintegraciones todos los elementos y las partículas que hoy observamos; la constante cosmológica fue abandonada como factor equilibrante (aunque se mantiene en diversas formulaciones, incluida la de Lemaître, por razones diversas), y el Universo evolutivo se convirtió en el paradigma a partir del cual podían explicarse las observaciones y los cálculos teóricos.

En 1948 George Gamow propuso un modelo explosivo más de acuerdo con los nuevos conocimientos de la física de las fuerzas nucleares. El Universo comienza en un estado de pura energía, de la cual se sintetizan partículas como protones, neutrones y electrones. Cuando los fotones dejan de tener energía suficiente para “materializarse” en pares de partículas, se dan reacciones nucleares mientras la temperatura excede los 10 millones de grados: durante la primera media hora, reacciones de nucleosíntesis producen todos los elementos en orden decreciente de abundancia, según su número y peso atómico aumenta.

Al cabo de medio millón de años la temperatura de los gases en expansión desciende lo suficiente para que dejen de estar ionizados y se hagan transparentes a la radiación: fuerzas gravitatorias comienzan entonces el proceso de aglomerarlos en galaxias y estrellas. Como residuo de esa etapa debe ser posible encontrar una radiación que llena todo el espacio con una temperatura de unos pocos grados sobre cero absoluto y también comprobar la relativa

abundancia de los diversos elementos. La razón de ser de la explosión queda tras el misterio del momento cero: aunque Gamow tituló su libro de 1952 "La Creación del Universo" (Viking Press, N.Y.), quiso entender tal palabra como una estructuración de alguna materia informe ("hylem"), según la usamos hablando de "creaciones" artísticas. Es mantener la idea primitiva de las cosmologías mencionadas previamente.

La hipótesis de Gamow chocó muy pronto con las consecuencias de la física nuclear: solamente el Hidrógeno y el Helio pueden explicarse como productos de esa fase primitiva. La inestabilidad del Litio-5 y del Berilio-8 hacía difícil el paso a átomos más complejos, mientras que la temperatura en descenso no permitiría reacciones que exigen temperaturas tanto más elevadas cuanto mayor es el número atómico. Al mismo tiempo era incompatible la edad del Universo calculada por la expansión a partir del momento cero (unos 2.000 millones de años según los datos astronómicos de la época) con una edad de la Tierra de casi 5.000 millones obtenida por los materiales radioactivos de las rocas. Estas paradojas parecían insolubles en aquel momento.

Casi simultáneamente se formuló una alternativa. Bondi y Gold (1948) y Hoyle (1950) sugirieron algo drásticamente distinto: un Universo sin evolución temporal en gran escala, pensado para evitar un comienzo o un fin, y adecuado a las observaciones y experimentos de la Astronomía y la Física de partículas. La síntesis de todos los elementos más pesados que el Hidrógeno se atribuye a reacciones nucleares en las estrellas; se acepta la expansión predicha por Einstein y detectada por Hubble, y se afirma la constancia de densidad del Universo gracias al postulado de la continua creación de nuevos átomos de Hidrógeno, que aparecen estrictamente "de la nada", sin causa explicativa.

Así puede ser eterno el Universo sin que las estrellas dejen nunca de brillar, aunque la hipótesis no exige la eternidad previa: sería posible un comienzo temporal en unas condiciones como las presentes, que luego se mantienen indefinidamente. Tal posibilidad no era contemplada por los proponentes de este "Estado Estacionario", opuesto al "Big Bang" (que ellos mismos nombraron así, aunque tal vez sin sentido derogatorio): un comienzo en condiciones tan concretas sería ciertamente arbitrario y minaría la principal razón de proponer la teoría.

Ambas propuestas fueron debatidas durante casi veinte años, sin pruebas claras que permitiesen elegir científicamente. Sin embargo, a partir de la década de los años 50, una serie de medidas experimentales han dado valor definitivo a la descripción del Universo en evolución a partir de una fase inicial de alta densidad y temperatura: la Gran Explosión o "Big Bang". Esta fase, durante la cual las elevadas temperaturas dieron lugar a reacciones nucleares y a radiación de características específicas, es lo único que necesariamente incluye la teoría, aunque hay diversas interpretaciones más cuestionables de otras posibles fases previas o de modalidades de la expansión subsiguiente para poder explicar la formación de las grandes estructuras que hoy observamos.

Dificultades de explicar la estructuración de la materia en escalas de galaxias o cúmulos se describen a veces como "crisis" de la teoría: más correctamente deben verse como indicaciones de que la descripción del estado primitivo debe incluir otros parámetros no bien conocidos, pero que no alteran lo fundamental. La dificultad de explicar los detalles de la morfología terrestre y la formación de montañas o la producción de movimientos de placas continentales no lleva tampoco a poner en duda la descripción básica de una Tierra esférica.

## COMPROBACIONES EXPERIMENTALES

De una manera esquemática podemos sintetizar las consecuencias lógicas de ambas teorías rivales, para someter luego sus predicciones al refrendo experimental:

El Universo evolutivo (Big Bang) implica:

- Una fase primitiva de corta duración con alta densidad y temperatura, que da lugar a una determinada abundancia de elementos ligeros: 90% de átomos de H, casi 10% de He y una fracción mínima (1/100,000) de Deuterio (H pesado) y de He-3.

- Radiación remanente de esa época, que por la expansión del espacio debe hoy tener una temperatura aparente de unos pocos grados Kelvin (sobre cero absoluto), y debe llenar todo el cosmos con un fondo de microondas prácticamente uniforme y con el espectro propio de un cuerpo negro (un radiador perfecto).

- Evolución de estructuras, perceptible en la existencia a gran distancia (épocas primitivas) de objetos que ya no se encuentran en el presente Universo (a distancias cósmicas reducidas que observamos con luz emitida hace relativamente poco tiempo).

Por el contrario, la hipótesis del Estado Estacionario (Creación Continua) predice:

- Formación de He solamente en las estrellas, con la consecuencia de un progresivo aumento en su abundancia desde las estrellas más antiguas hasta el presente, tal como se observa en el caso de los elementos más pesados ("metales" en lenguaje astronómico). No puede explicarse directamente la existencia de Deuterio, un elemento frágil que se destruye en las estrellas.

- Radiación atribuida solamente a procesos estelares, sin las características de distribución de frecuencias de un cuerpo negro casi al cero absoluto, por incluir energías emitidas por multitud de estrellas de diversas temperaturas y por diversos procesos.

- Uniformidad de contenido del Universo en todas las épocas, sin ningún tipo de objeto en el pasado que no exista también en el presente. La expansión debe mostrar galaxias más antiguas y más evolucionadas a mayor distancia del observador, a no ser que se alejen a un ritmo suficiente para que solamente sean observables galaxias relativamente recientes..

Es el trabajo experimental el que debe decidir cuál de estas teorías se ajusta a la realidad observable. Y los datos han dado consistentemente la razón a la hipótesis evolutiva.

Peebles, Wagoner y Hoyle, en 1966 y 1967, calcularon las abundancias predichas por el Big Bang para el H (75% de la masa cósmica), el He-4 (casi el 25%) y las pequeñas proporciones de He-3, Deuterio y Litio-7. Las medidas espectrales de composición estelar dan estos mismos valores, dentro de los márgenes experimentales de error. Todas las estrellas, de cualquier edad, tienen básicamente la misma proporción de He-4, indicación clara de que este elemento antecede la formación de estrellas y la nucleosíntesis que ocurre durante su evolución. El He-4 y el Deuterio han sido detectados en la proporción predicha en nubes intergalácticas, utilizando el gran telescopio Keck, de 10 metros de apertura (en las islas Hawaii), y telescopios de ultravioleta en órbita terrestre. Como el Deuterio, muy sensible a las altas temperaturas, se destruye en las estrellas, su actual abundancia resulta inexplicable si se atribuye solamente a choques aleatorios entre otros elementos en el espacio o en situaciones poco plausibles en superficies estelares.

En 1965 Penzias y Wilson escucharon "el grito del Universo al nacer" (según frase del "New York Times") cuando utilizaban un radiotelescopio para captar ondas de radio de satélites artificiales. Una radiación de fondo, uniforme en todo el cielo, daba un ruido de estática en la longitud de onda de 7,35 cm; su origen era desconocido. R. Dicke la atribuyó correctamente al fenómeno previsto por Gamow, y olvidado durante casi 20 años: en el mismo número de la revista científica "Astrophysical Journal Letters" se anunció el descubrimiento y se indicó su interpretación<sup>1</sup>. Medidas subsecuentes, incluyendo las del reciente satélite COBE (Cosmic Background Explorer), han mostrado que la distribución de frecuencias en microondas y en el infrarrojo es exactamente la correspondiente a un cuerpo negro a una temperatura de 2,76 K (unos -270 C).

Los cambios en la composición del Universo a lo largo del tiempo fueron evidenciados primeramente por la estadística de radiofuentes como función de la distancia. En 1955 M. Ryle publicó un catálogo en que se advertía el número creciente de tales objetos en el pasado; más tarde, el descubrimiento de cuasares (núcleos activos de galaxias) añadió otro dato importante: no hay cuasares en nuestra vecindad, a centenares de millones de años-luz, pero su abundancia crece al observar épocas de hace 8 a 12 mil millones de años. El Universo ha evolucionado.

Así llegamos a una conclusión que es prácticamente admitida por los cosmólogos como indudable: no hay alternativa científica para la descripción evolutiva. Hemos encontrado las cenizas y el resplandor de aquel fuego inicial, y podemos estar seguros de su existencia hace unos 18.000 millones de años, aunque la edad es todavía discutible. También es objeto de controversias la descripción detallada de los diversos procesos que ocurren desde el momento cero hasta que el Universo termina la fase de nucleosíntesis original, y, más tarde, los que dan razón de la formación de galaxias y cúmulos en un tiempo relativamente rápido. Teorías de unificación de fuerzas, la posible existencia de materia oscura no-bariónica, partículas hipotéticas, se invocan como soluciones a diversos problemas teóricos y experimentales. Pero el

<sup>1</sup> Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel en 1978 por este descubrimiento.

núcleo explicativo del "Big Bang" no depende de estos refinamientos: en las palabras del gran astrofísico Yakov Zeldovich, "es parte tan firme de la Física moderna como puede serlo la Mecánica de Newton"<sup>3</sup>.

Los proponentes de la Creación Continua, especialmente Fred Hoyle, han intentado de forma más o menos artificial reconciliar su hipótesis con los datos que la contradicen. Sugiriendo que el Big Bang representa solamente un fenómeno relativamente local, proponen que el Universo es mucho más amplio en dimensiones que lo que nosotros podemos observar, y que todavía puede ser siempre igual en gran escala, aunque evolucione en nuestro entorno. Realmente se pide que se acepte una hipótesis sin prueba alguna, con una afirmación gratuita y apriorística acerca de cómo es el Universo, fuera de toda posibilidad de observación y claramente en contra de la metodología científica. Propuestas de cómo la radiación estelar puede transformarse en la radiación de fondo no han sido recibidas con mayor entusiasmo, ni lo han sido tampoco sugerencias varias de "explicaciones" del corrimiento al rojo por algún fenómeno desconocido de "luz cansada" que cede energía al espacio vacío que atraviesa, remedando exactamente el efecto Doppler.

Halton Arp ha insistido durante años en sistemas que parecen indicar conexiones físicas entre galaxias y cuasares con corrimientos al rojo muy diferentes en sus espectros, cuestionando la interpretación de tal corrimiento como indicativo de distancias diversas, y haciendo dudar así del dato básico de la Cosmología desde Hubble: la expansión del Universo. Medidas de distancia basadas en el fenómeno de "lentes gravitatorias"<sup>4</sup> han establecido, sin lugar a duda razonable, que muchos cuasares están a las grandes distancias cosmológicas sugeridas por su corrimiento al rojo, mientras que las conexiones afirmadas por Arp no pueden confirmarse como ciertas ni en casos concretos ni en análisis estadísticos de su frecuencia. Y, aun en caso de confirmarse, sólo indicarían que un fenómeno de naturaleza desconocida puede remedar el efecto Doppler en algunos casos, sin invalidar los otros cálculos de distancia (y, por tanto, de evolución) en la mayoría de ellos.

Indudablemente será necesario refinar medidas de la constante de Hubble, que todavía se debate entre valores de 50 km/s/Mpc<sup>3</sup> y de 100 km/s/Mpc. De ellos se obtienen diversas edades del Universo, que pueden resultar incompatibles con la edad atribuida a estrellas en cúmulos globulares. Los datos más recientes de distancias estelares (satélite Hipparcos) y de cúmulos de galaxias apuntan hacia una convergencia de valores hacia los 65 km/s/Mpc, con una edad cósmica superior a los 13 eones, ya posiblemente suficiente para aceptar las edades de estrellas en cúmulos globulares. Y éstas pueden refinarse en algún grado con hipótesis plausibles

---

<sup>4</sup> Según la Relatividad Generalizada, un campo gravitatorio desvía la trayectoria de rayos luminosos, permitiendo imágenes múltiples o distorsionadas de objetos más lejanos.

<sup>5</sup> Un Megaparsec equivale a 3,26 millones de años-luz.

de composición y evolución estelar, mientras continúan los esfuerzos por determinar distancias a galaxias más lejanas, sobre todo con los datos del telescopio espacial.

### FORMULACIONES RECIENTES: UNIVERSO INFLACIONARIO

En un esfuerzo por explicar simultáneamente la homogeneidad de la radiación de fondo y la falta de homogeneidad a escalas de cúmulos de galaxias, Alan Guth y autores subsiguientes han propuesto una fase rapidísima de expansión del Universo cuando su edad era de poco más de una trillonésima de trillonésima de segundo (aprox.  $10^{35}$  s). Utilizando ideas de teorías de unificación de todas las fuerzas de la naturaleza a temperaturas suficientemente elevadas, se propone un "cambio de fase" cuando se diferencia la fuerza nuclear fuerte de la electrodébil, con liberación de energía y aumento de diámetro del Universo por un factor de  $10^{50}$ , o todavía más. Así se explica que el Universo aparezca plano (con curvatura cero) y que las fluctuaciones cuánticas, supuestas por actividad espontánea del vacío, queden impresas en la distribución de densidad y den lugar a la formación de galaxias.

Otras hipótesis semejantes sugieren la multiplicación de burbujas cuánticas que se desarrollan en una infinitud de universos independientes (Linde), en un proceso sin comienzo ni fin. En cada uno de ellos pueden darse diversas constantes físicas, afectando a la dimensionalidad del espacio o al número y relación de intensidad de fuerzas o parámetros de partículas. Todo lo cual es necesariamente inobservable y sin efecto en el mundo físico de nuestra experiencia.

Pasada la fase de inflación, el desarrollo del Big Bang se describe según el modelo ya aceptado. El único cambio es la exigencia de que el Universo actual tenga exactamente la densidad crítica y, en alguna teoría, la predicción de que el protón debe desintegrarse con una vida media del orden de  $10^{32}$  años. Ambas predicciones se encuentran sin verificación experimental: todos los datos actuales indican que la densidad es muy inferior a la crítica, y la desintegración del protón, en experimentos de los últimos 15 años, no ha sido observada: su vida media, de ser inestable, sería tan prolongada que no cabe tecnología plausible para confirmarla.

Tampoco se consideran satisfactorias las teorías mencionadas de unificación de fuerzas: ninguna formulación evita todos los problemas teóricos, ni habrá comprobación experimental con tecnología previsible. Aun la unificación incompleta de reducir todo a la gravedad y a una superfuerza, sugiere partículas tan masivas que solamente un acelerador de diámetro comparable a distancias estelares podría dar lugar a su formación. Ni tenemos una opción clara por una teoría que resuelva la incompatibilidad fundamental entre Relatividad y Teoría Cuántica. Todo lo cual lleva ya a diversos autores a comentar negativamente una "Física" que suena a

elucubración meramente matemática o filosófica. Aunque el deseo de conocer más profundamente las propiedades de la materia sea digno de todo aprecio, es una ganancia muy cuestionable el evitar condiciones iniciales de la radiación y las fuerzas del Big Bang original con condiciones igualmente arbitrarias de un vacío físico previo. Últimamente no puede deducirse a priori cómo debe ser el comienzo del Universo, sino inferirse de los datos que describen lo que hoy observamos.

## ORIGEN: CREACIÓN EN SENTIDO METAFÍSICO

Según su metodología, restringida a la descripción de las interacciones experimentables de la materia, el físico-cosmólogo busca el estado más primitivo del Universo, a partir del cual puede explicarse la evolución hasta el presente. Por tanto, no puede hablar estrictamente de un momento cero, pues en un tiempo cero nada puede acontecer. Ni puede tampoco dar razón de que el Universo comience: si el estado lógicamente previo no tiene propiedades ni leyes ni algún tipo de contenido material, no puede hacerse cálculo alguno sobre él; un problema físico puede tratarse solamente con la especificación de condiciones iniciales y leyes de desarrollo.

“De la nada, nada sale”, decían ya los antiguos filósofos griegos. Con un simbolismo intuitivo de la matemática, ninguna operación sobre el cero puede dar lugar a un resultado finito, excepto la multiplicación por un infinito estrictamente dicho, que ya no es un número en sentido unívoco, pues no puede numerar nada real. Si ha de darse una realidad material donde se comienza con nada, es preciso admitir la actividad de un infinito no-material, una potencia trascendente que no encaja en la descripción de realidades físicas, por no estar ni siquiera en el marco espacio-temporal en que actúa la materia. No se trata de buscar una causa más en una cadena de causas cada vez más primitivas, pero todas del mismo orden, como tampoco es el infinito matemático un número más en la serie de números reales, por grande que sea su valor. Es necesario algo totalmente nuevo, no constreñido por mecanismos cuantitativos: sólo una potencia infinita puede hacer existir un átomo o un Universo sin utilizar una realidad anterior. Esto es lo que implica la ley de conservación de masa y energía

Dice S. Hawking, en su libro “La Historia del Tiempo”, que su hipótesis de un Universo sin principio ni fin (aunque sea únicamente así en un tiempo imaginario) cuestiona la necesidad de un Creador. Indica esta afirmación que se concibe al Creador como solamente un eslabón más en la cadena de causas físicas. Pero la creación no es un proceso físico de la materia, sino la razón explicativa de su existencia y de su continuación en el ser, y esta necesidad de causa suficiente se da en cualquier realidad finita, independientemente del tiempo y, más aún, de cualquier formalismo matemático. Recordemos que nuestras ecuaciones son capaces de describir las relaciones que nosotros encontramos en la naturaleza o en conceptos abstractos, pero no dictan lo que las cosas son, ni pueden darles el ser a ningún nivel: el mismo Hawking lo reconoce así.

Estas mismas consideraciones ponen de manifiesto el juego de palabras de decir que el Universo aparece de la nada por un proceso que se funda en la inestabilidad y propiedades cuánticas del vacío físico. Toda la Física de la Relatividad y de la Mecánica Cuántica han subrayado en forma inequívoca la realidad material del vacío físico, de ese espacio con propiedades geométricas, electromagnéticas y cuánticas, un hervidero de actividad subatómica en el nivel de distancias y tiempos mínimos de Planck: todo lo contrario de la nada. Hablar de la creación como "the ultimate free lunch" ("la más estupenda comida gratis", en frase de Alan Guth) es utilizar las palabras en forma totalmente contraria a su sentido no sólo filosófico sino también físico. Sigue siendo verdad que de la nada, nada "sale", porque no hay contenido alguno; sigue siendo también verdad, como reverso de la misma incapacidad de la nada para ser parte de un proceso físico, que nunca puede dejar de existir por efecto de interacción alguna aquello que ya existe, por mínima que sea su masa o energía dentro de la totalidad del Universo. Este es, una vez más, el significado de la ley de conservación de masa y energía, tal vez la más básica y universal de nuestra ciencia.

Coinciden así los datos científicos y el análisis filosófico, formas complementarias de describir la realidad material y su comienzo. No se pide a la Cosmología física una prueba de la existencia del Creador, ni su descripción, pero los datos que subrayan la mutabilidad y contingencia de la materia llevan, en toda lógica, a la necesidad de una causa no-material que da la existencia a todo cuanto es materia. Esto incluye también al espacio vacío y al tiempo en el que se da el desarrollo de la evolución cósmica.

Nuestra imaginación se resiste a tal principio; el mismo Newton exigía un espacio previo, eterno e infinito, necesario y anterior a toda materia; también un tiempo absoluto, que con su eterno *fluir* formaba el marco de cualquier cambio observable. Ambas realidades eran no-materiales, y Newton llegaba a identificarlas con atributos divinos. Pero el genio de Einstein nos llevó a una concepción dinámica en que el espacio y el tiempo se ven afectados por la masa y la energía de procesos físicos, y es en esa interacción donde encontramos el significado de su naturaleza material, aunque no podamos imaginar sus características ni su origen y evolución.

Solamente en la Relatividad Generalizada se resuelve la paradoja espacial, de un Universo homogéneo y sin límites, pero que no contiene una masa infinita en un espacio también infinito, evitando así la paradoja de Olbers y su versión gravitatoria. Un Universo finito pero ilimitado, con un volumen calculable en principio, expresa la finitud espacial; su evolución a partir de un volumen arbitrariamente reducido apunta a la finitud temporal. Solamente así se tiene una descripción coherente con los datos experimentales y con las leyes físicas conocidas.

Las hipótesis inflacionarias, en cuanto solamente tratan de efectos físicos de cambios de fase en el cosmos observable, no alteran lo dicho, pero siguen sin confirmación experimental en sus predicciones. Si sugieren etapas previas de un vacío físico en un hervidero de actividad cuántica, no tienen otro efecto que cambiar las condiciones iniciales a otra situación igualmente "arbitraria" en sus parámetros. Otras extrapolaciones de "universos burbujas" son imposibles

de verificar, y no pueden considerarse seriamente como hipótesis científicas en el sentido estricto de la palabra.

Hablando de su hipótesis de “Universos bebé” para explicar el valor cero de la constante cosmológica, dice Stephen Hawking que discutirlos puede parecer equivalente a preguntarse cuántos ángeles caben en la cabeza de un alfiler. En el momento en que las hipótesis dejan de ser confirmables experimentalmente, al menos en principio, hemos abandonado el campo de la ciencia en su sentido estricto, y se habla solamente de construcciones abstractas motivadas o por un mero formalismo matemático o por posiciones filosóficas más o menos reconocidas explícitamente. Todo lo cual puede ser intelectualmente estimulante, pero no contribuye a la descripción objetiva de la realidad material del mundo observable, único objeto del quehacer científico moderno.

## EL PRINCIPIO ANTRÓPICO

El “Principio Copernicano”, invocado frecuentemente en la Cosmología moderna, insiste en la homogeneidad del Universo, negando cualquier primacía de posición o propiedades asociadas con la existencia humana. Toma su nombre de la propuesta de Copérnico (ya anteriormente formulada por Aristarco) de desplazar a la Tierra de la posición central ocupada en el sistema de Tolomeo, aunque tal centralidad se debiese a la falta de paralaje estelar y no a una sobrevaloración de nuestra existencia en el planeta.

El paso siguiente lo dio Shapley hace un siglo, al mostrar que tampoco el Sol ocupa el centro de la Vía Láctea. Finalmente, el Universo “finito pero ilimitado” de Einstein niega la posibilidad de encontrar un centro en su volumen tridimensional, y afirma la equivalencia de posición de todos los puntos del espacio. No tiene sentido preguntar dónde estamos en el continuo expandirse de un Universo que contiene probablemente más de 100.000 millones de galaxias, y que vuelve a la insignificancia aun la majestuosa estructura de la Vía Láctea, nuestra ciudad cósmica.

Sin embargo, a partir de la década de los años 30, se da una reacción interesante, que afirma, cada vez con argumentos más fuertes y detallados, que el Hombre está en un tiempo y un lugar atípicos y privilegiados en muchos respectos, que obligan a preguntarnos si nuestra existencia está ligada en un modo especial a características muy poco comunes en el Universo. Esta pregunta adquiere un significado especial al considerar las consecuencias previsibles (según las leyes físicas) de cualquier alteración en las condiciones iniciales del Universo. Con un eco de las palabras de Einstein: ¿tuvo Dios alguna alternativa al crear?. No solamente debemos dar razón de que el Universo exista, sino de que exista de tal manera y con tales propiedades que la vida inteligente puede desarrollarse en él. Tal es la razón de que se formule el Principio Antrópico, en que el Hombre (entendido en el sentido filosófico de “animal racional”,

independientemente de su hábitat y su morfología corporal) aparece como condición determinante de que el Universo sea como es.

Las primeras sugerencias de una conexión entre vida inteligente y las propiedades del Universo en su momento actual aparecen en las relaciones adimensionales hechas notar por Eddington: la razón de intensidad entre fuerza electromagnética y fuerza gravitatoria entre dos electrones, entre la edad del Universo y el tiempo en que la luz cruza el diámetro clásico de un electrón, entre el radio del Universo observable y el tamaño de una partícula subatómica, nos da cifras del orden de 10 elevado a la potencia 40. El número de partículas nucleares en todo el cosmos se estima como el cuadrado de ese mismo número. ¿Son éstas coincidencias pueriles o esconden un significado profundo?. La hipótesis de los grandes números sugiere que el Hombre solamente puede existir en un lugar y momento determinado, cuando tales coincidencias se dan, aunque no se avanza una explicación de estas relaciones.

Como la edad del Universo es un factor necesariamente cambiante, o bien se supone que en otra época sería imposible la vida inteligente, o se sugiere el cambio de constantes físicas como función del tiempo para que se mantengan las mismas proporciones. Otra posible alternativa sería utilizar la edad del Universo en un momento crítico de su evolución, en lugar del presente. En cualquier caso no se ve una razón clara para la elección de una propuesta más que otra, y tampoco recibe apoyo experimental la idea de la mutabilidad de las propiedades de la materia (carga y masa de las partículas elementales e intensidad de la fuerza gravitatoria) según envejece el Universo, propuesta por Dirac como parte de un modelo de Universo no-evolutivo.

Dicke, en 1961, hace notar que estas relaciones de grandes números son características de un Universo que se encuentra en una etapa de su evolución que permite la existencia de vida inteligente: solamente después de unos 10 eones (miles de millones de años) hay suficiente abundancia de elementos pesados para que un planeta como la Tierra dé lugar a la complejidad química de la vida y permita su desarrollo hasta el Hombre; la edad no debe ser tan avanzada que no existan estrellas adecuadas para mantener la vida. Lo que hoy observamos está condicionado por la necesidad de condiciones que permitan la existencia del observador: hay una relación casi tautológica que más tarde se conocerá con el nombre de "Principio Antrópico Débil". Con una paráfrasis sucinta: ya que de ser distinto el Universo actual no existiríamos para observarlo, nuestra actividad de observadores presupone que las condiciones físicas son adecuadas para el Hombre.

Otra nueva exigencia, referida ya a las condiciones iniciales, la hacen notar Collins y Hawking en 1973: solamente un Universo con densidad muy próxima a la crítica<sup>6</sup> permitirá que

<sup>6</sup> La densidad crítica es aquella que permite una expansión hacia un tamaño máximo, que nunca se alcanza exactamente: define un Universo "plano". La densidad actual, no conocida con exactitud, pero dentro de un factor de 10 de la crítica, exige un valor casi exactamente crítico en el primer momento.

se formen galaxias, estrellas y planetas, de modo que un Universo que contiene observadores inteligentes debe ser isotrópico. Y Carter, al año siguiente, elaboró la misma conexión entre condiciones iniciales y nuestra existencia al hacer notar que cualquier variación en los parámetros fundamentales de la materia (densidad, intensidad de fuerzas) llevaría en sus consecuencias calculables a una imposibilidad de evolución hasta el nivel humano. Por tanto, el Universo debe poseer desde su primer instante las condiciones que permitirán su evolución hacia la vida y su realización en algún momento de su historia: es el "Principio Antrópico Fuerte"<sup>7</sup>.

Elaboraciones subsiguientes de Gale, Carr, Rees y Wheeler han subrayado en gran detalle las "coincidencias" que deben darse para que sea posible la existencia de estrellas con duración suficiente para el desarrollo de la vida, para que se sintetice el Carbono y se evite su total transformación en Oxígeno, para que exploten las supernovas que siembran el espacio con los elementos más pesados que el Helio. Todo lo cual depende de los valores iniciales de las cuatro fuerzas y de la masa total del Universo. Simultáneamente se dan estudios de las características de tipo local, y los hechos "improbables", o imprevisibles por ley física alguna, que han hecho de la Tierra un planeta privilegiado: coincidencia de radio orbital con la zona habitable alrededor del Sol, masa adecuada para una atmósfera moderada, inclinación del eje y su estabilidad (atribuida a la presencia de la Luna, con el carácter único de su formación), núcleo de hierro líquido y campo magnético subsiguiente, tectónica de placas.

Incluso los episodios de extinción catastrófica aparecen como fortuitos, pero críticos para una evolución que culmina en los mamíferos y en el Hombre. Cualquier modificación en la historia del planeta podría haber dado como resultado su esterilidad vital, o la limitación de formas vivientes. No es extraño que todas estas consideraciones lleven a un punto de vista muy negativo al evaluar la probabilidad de vida inteligente aun en la inmensidad de la Vía Láctea. El prestigioso astrofísico soviético Shlowskii llegó a decir, en un simposio sobre vida extraterrestre, que la aparición de vida inteligente en la Tierra es literalmente "un milagro", y probablemente un caso único en el Universo.

Resumiendo las diversas formulaciones del Principio Antrópico, podemos aceptar su denominador común: el Universo tiene características, al parecer no impuestas por ninguna necesidad física previa, gracias a las cuales es posible la vida inteligente, al menos en nuestro planeta. Si nos preguntamos por la razón de que sea así, aparecen como posibles dos soluciones: o bien nuestro Universo las tiene "por casualidad", o porque ha sido diseñado para nuestra existencia. Veamos las implicaciones de ambas, con un análisis cuidadoso del significado de cada concepto y de sus consecuencias físicas y filosóficas.

---

<sup>7</sup> Con mayor detalle se puede encontrar discutido el tema en el libro de J. BARROW y ETIPLER, "The Anthropic Cosmological Principle", Clarendon Press, Oxford 1986.

## AZAR

Aceptar que todos los parámetros físicos iniciales tienen el conjunto de valores y relaciones que permiten la vida futura solamente por casualidad, no tiene sentido en el caso de UN Universo, pues el azar es correlativo de la probabilidad de diversos resultados en muchos casos similares. Los proponentes de esta solución acuden, consecuentemente, a la hipótesis de infinitos universos, bien simultáneos, bien consecutivos. La mayoría de ellos serán estériles, pues es mucho más probable cualquier variación incompatible con la vida que la coincidencia de todos los parámetros adecuados. Pero en tal conjunto infinito deben darse todas las posibilidades, incluyendo el Universo que habitamos: nuestra existencia es la consecuencia lógica de la infinita variabilidad de condiciones iniciales, que no “prevén” al Hombre, sino que llevan a él necesariamente en algún lugar y algún momento.

La infinitud sucesiva de universos se sugiere como modo de evitar también los problemas de origen y fin. En un Universo cerrado, cuya expansión da lugar a contracción y colapso, se espera un nuevo Big Bang al final de cada ciclo, con una re-estructuración de todas las propiedades físicas, desde la dimensionalidad del espacio hasta el número y tipo de fuerzas y de partículas elementales. No es necesario detenernos en detalles de tal hipótesis, pues es totalmente gratuita; ni los datos experimentales ni las teorías aceptables permiten el colapso, ni es evitable un total derrumbe de la materia en un agujero negro en caso de ocurrir.

Tampoco hay base científica para sugerir un rebote explosivo del agujero negro: no hay un paralelismo entre el Big Bang, que ocurre sin espacio circundante ni etapa difusa previa, y el supuesto rebote en un espacio ya existente y después de una contracción impuesta por la atracción gravitatoria entre las grandes masas de los cúmulos de galaxias, cuya velocidad llegaría a frenarse totalmente antes de comenzar la segunda parte del ciclo. La radiación no es frenada, y cada ciclo comenzaría con un porcentaje menor de masa y con más radiación, como resultado de la evolución estelar. Así se destruye la posibilidad de infinitos ciclos en el pasado (incompatibles con la entropía del Universo en la actualidad) y se debe predecir un Universo abierto después de un número finito de ciclos en el futuro. Así lo demostraron Tolman (hace más de 60 años) y más tarde Novikov y Zeldovich, Dicke y Peebles.

Ni es aceptable como teoría física la de Hawking, de un Universo sin principio ni fin, porque es cíclico en un “tiempo imaginario”. Aunque esta variable sea suficiente para solucionar las ecuaciones relativistas, su uso es meramente formal, y Hawking admite que en el tiempo real el Universo tuvo principio, y siguen con todo su valor las medidas de densidad y otros parámetros que precluyen el colapso.

Si el número infinito de universos se considera coexistente, son las teorías de unificación de fuerzas las que sugieren su realidad, especialmente la hipótesis inflacionaria de Guth y Linde. Se parte del punto de vista cuántico para atribuir al vacío físico una constante actividad de

formación y destrucción de partículas diversas, con propiedades y masas infinitamente variables. En la etapa inicial, todas estas fluctuaciones dan lugar a "semillas de universos" con todas las características posibles, que se desprenden del fondo caótico de manera independiente, para luego expandirse y evolucionar sin conexión alguna entre ellos. Así se llega a proponer la posibilidad teórica de que una tecnología suficientemente avanzada pueda "crear" universos en el laboratorio, con unos pocos kilos de masa comprimida a la densidad del vacío físico inicial.

Es claro que no puede someterse esta hipótesis a la comprobación experimental exigida por la metodología científica, y no tiene en su favor ninguna medida ni consecuencia observable, aunque un formalismo matemático, expresando hipótesis de unificación sin refrendo alguno, pueda sugerir la multitud de universos que afirma. Ni responde últimamente a la pregunta, todavía más acuciante, del por qué de todos y cada uno de ellos, por qué el vacío físico tiene tales propiedades cuánticas, y por qué existe una INFINITUD REAL de objetos materiales, para la cual no hay justificación alguna.

## DISEÑO

Queda pues, como única solución explícita a la adecuación del Universo para la vida inteligente el admitir que sus características han sido diseñadas para este fin. Entra así en la discusión el concepto de finalidad: algo intangible, no cuantificable ni explicable por ninguna ecuación o actividad de las cuatro fuerzas de la materia. Deja de tratarse de un principio físico, pues no conduce a ninguna predicción experimentalmente verificable: nos encontramos otra vez en el terreno de la Metafísica, aunque los datos que nos llevan a su formulación provengan del estudio de la realidad material a todos los niveles.

J.A. Wheeler, uno de los más prestigiosos físicos actuales, propone la siguiente cadena de raciocinio, base de su "Principio Antrópico Participatorio":

La propiedad más básica y universal de la materia es su mutabilidad. Esta implica la ajustabilidad. Y todo lo que es ajustable, debe ser ajustado para que sea de una manera concreta. Por tanto, el Universo fue ajustado en sus primeros instantes. Como el ajuste es lo más restrictivo cuando se exige que el Universo alcance la estructuración que permite la vida inteligente, hay que concluir que ya desde el primer momento todos los parámetros se ordenan a la existencia del Hombre.

Cuando se pregunta por el autor de este "ajuste", Wheeler recurre al concepto de "observador cuántico", que causa el colapso de la onda de probabilidad que describe a un sistema, y vuelve "real" uno de sus posibles estados. Y así llega a la sorprendente afirmación de una causalidad circular: el Hombre, conociendo al Universo, determina cómo fue el Universo en su comienzo, para que luego pueda aparecer el Hombre, que va a ser responsable de ese ajuste inicial. Realmente es un modo de razonar jamás visto en ciencia alguna, aunque busque su apoyo

en los experimentos cuánticos de selección posterior, explicada por algunos autores por una especie de causalidad retroactiva. Pero nunca se sugiere que tal causación, aun si se acepta, condicione la misma existencia del observador que la produce.

Para Wheeler, solamente es "real" un Universo que es observado. No explica ni el concepto de "real" ni tampoco quién es responsable de la observación, o en qué momento. Parece arbitrario afirmar que es "el Hombre" el que ejerce su papel de observador, cuando aun hoy la casi totalidad de la población humana sería totalmente incapaz hasta de comprender qué debe observar y cómo debe determinar las constantes físicas en un pasado desconocido de hace 15 eones. Ni parece lógico negar realidad a las etapas evolutivas previas al Hombre, que constituyen la casi totalidad de la historia del Universo. O caemos en un simple juego de palabras o en un idealismo que lleva a decir que sólo existe la realidad como consecuencia de mi actividad cognoscitiva; de ser así, la consecuencia obvia sería el afirmar que ahora el Hombre causa que el mundo material observado tenga la existencia actual, pero no que la haya tenido en un pasado anterior al observador.

También queda sin responder la pregunta que Wheeler mismo confiesa es la que subyace a toda la investigación del problema: ¿por qué existe ALGO en lugar de NADA? Ningún observador cuántico es responsable de que haya materia que se rige por leyes cuánticas. Pregunta también Stephen Hawking por qué hay en realidad un Universo que se ajusta a las ecuaciones que lo describen como posible. Hemos llegado a la médula del problema: lo que Wheeler presenta como "mutabilidad" es una manifestación de la CONTINGENCIA, la incapacidad esencial de existir por sí mismo de todo aquello que es cambiante. Sólo un Ser necesario, inmutable, no material, sin limitación alguna, puede existir por su propia esencia, y dar razón suficiente de que exista lo que no es necesario sino contingente.

Así llegamos a la última interpretación del Principio Antrópico: El Universo ha sido ajustado por su Creador, ya desde el primer momento, para que su evolución lleve a condiciones compatibles con la vida en el máximo nivel de vida inteligente; con tal afirmación se da una razón suficiente de que "exista algo en lugar de nada". Es sorprendente que sea la Física la que nos lleva a este punto de vista.

### CREACIÓN Y FINALIDAD

Todo agente que actúa inteligentemente actúa por un fin, conocido y querido, que determina los medios para alcanzarlo. El Creador de potencia infinita, que puede dar el ser al Universo en un paso total de nada a algo, debe conocer todas las posibilidades de una infinitud de universos potenciales, y elegir entre ellos aquel que se ajusta a un fin determinado libremente, pues no se trata de una actividad de emanación necesaria o de desarrollo interno "dialéctico" de algo cambiante en su ser intrínseco, sino de creación estricta de una realidad de orden inferior.

Es una inteligencia infinita la que prevé todas las consecuencias de cada posible variación de parámetros físicos, en toda la historia ilimitada de cada partícula y sus combinaciones. Y es una voluntad libre la que elige crear uno de esos conjuntos materiales, con propiedades y leyes adecuadas para que se obtenga el fin previsto como resultado cierto de la actividad de que se dota a la materia en el momento de crearla. El Creador no tiene que acudir a remediar fallos en la evolución de su obra, ni puede ser sorprendido por ninguna etapa de su desarrollo, que va a ocurrir en todo momento gracias a la acción conservadora de lo que, de otro modo, volvería instantáneamente a la nada.

Dice Pagels que el Principio Antrópico es lo más que pueden acercarse algunos científicos ateos a la admisión de un Dios Creador, pero por quedarse corto en sus afirmaciones, deja simultáneamente de ser científico y de dar una respuesta filosófica. En cambio, dice él, puede uno ser más explícito y consecuente afirmando el Principio Antrópico Teístico: el Universo parece hecho a la medida del Hombre porque ha sido, realmente, hecho PARA el Hombre. La ciencia no prueba la existencia de Dios Creador, pero sienta las bases para un raciocinio metafísico que lleva lógicamente a El. Y no es éste un concepto abstracto de una "Totalidad Cósmica" o una "Naturaleza" personificada en forma mitológica, ni tampoco un Dios que crea como un ejercicio banal de su potencia y no se preocupa del Hombre, sino un Dios personal, inteligente y libre, cuyo crear es, últimamente, un acto de benevolencia, que no impone la actividad creativa, pero es razón suficiente de ella: el Bien tiende a comunicarse a otros.

Solamente desde este punto de vista puede justificarse también la existencia de un Universo cuya evolución futura lleva, inexorablemente, a la destrucción de todas las estructuras y condiciones que hacen posible la vida. Para que el Universo no sea "una broma de mal gusto" hay que salvar de la futilidad la misma existencia del Hombre, hacia el cual va dirigida su creación. Y es en la naturaleza especial del Hombre como ser consciente e inteligente donde puede encontrarse finalidad duradera, por encima de la simple belleza de fuegos artificiales de estrellas y galaxias, que han cumplido su cometido preparando la venida del ser humano.

La necesidad de una nueva causa no-material para dar razón de actividades que no pueden explicarse por las cuatro fuerzas físicas nos lleva a una perspectiva más allá de la destrucción de estructuras materiales, porque también la existencia humana parecería sin suficiente valor si fuese algo fugaz y destinado a la disolución final. La respuesta total debe encontrarse en el hecho indudable de la presencia en el Hombre de consciencia, pensamiento abstracto, actos libres. Su única explicación lógica es la admisión de una realidad íntimamente unida a la materia y condicionada por ella en su proceder, pero que no es materia. Y lo que no es material puede, en principio, seguir existiendo aunque la materia se desmorone. Basta esto para salvar al Universo de ser absurdo: ha permitido que exista una realidad no limitada por el marco de espacio-tiempo propio de la materia, y que puede sobrevivir a su destrucción, en un no-tiempo inimaginable.

Naturalmente, nada puede decir la Física ni la Cosmología de tal modo posible de existir, aunque se encuentren autores (Tipler, "La Física de la Resurrección") que especulan acerca de una extraña supervivencia de la consciencia humana, al menos como especie inteligente, mediante la transferencia de todos nuestros logros culturales a un soporte informático duradero. Realmente resulta difícil considerar la existencia de unos dominios magnéticos u ópticos en un ordenador como equivalente a la propia inmortalidad, como tampoco lo es el darse por satisfecho con que unas células se mantengan en un cultivo de laboratorio. Ni es el ser humano mera genética ni sobrevive realmente en un escrito su autor, por muy genial y completa que sea su obra.

Todavía más especulativa y de ciencia-ficción es la sugerencia de que la inteligencia humana, potenciada por una tecnología desarrollada en épocas lejanísimas, pueda impedir la destrucción de las estructuras materiales, que la Física predice como consecuencia de la evolución de estrellas y galaxias, llegando incluso a reciclar un Universo ya agotado. Son estas ideas testimonio de que nuestra razón se niega a aceptar el absurdo de un cosmos sin sentido, pero no ofrecen una solución basada ni en Física ni en una Filosofía coherente con la realidad humana y con las leyes de la materia.

**Dr. Manuel M. Carreira, S.J., Ph.D.**  
Astrofísico, Filósofo y Teólogo  
Universidad de Comillas - Madrid y Cleveland (USA).