

# Principio antrópico

Antonio Rincón Córcoles  
arcorcol@acta.es

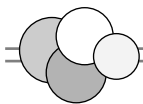
Era invierno, 17 de febrero del año 1600. En la ciudad papal de Roma el gentío acudía a la Piazza di Campo dei Fiori, ávido por asistir a un acontecimiento excepcional. En el lugar que cotidianamente acogía un activo mercado de caballos había también espacio para el patíbulo. Allí un hereje, un hombre que había desafiado con arrogancia la autoridad de la Iglesia y vertido opiniones contrarias a los credos cristianos, era guiado hacia la pira donde consumiría sus últimos momentos. Los verdugos, serenos y obedientes, le desnudaron y aprisionaron su lengua con un cepo para impedirle pronunciar afrentosas palabras. Instantes después el fuego, lamiendo sus carnes, oficiaba la ceremonia del suplicio y apagaba la vida de Giordano Bruno, filósofo eminente, también controvertido, cuya figura comenzó a agigantarse desde las sombras mismas de su terrible fin.

Nacido Filippo en Nola, cerca de Nápoles, a mediados del siglo XVI, Bruno cambió de nombre en su juventud con motivo de su ingreso en la orden de los dominicos. De este lúcido sacerdote renegado se decía que era capaz de recitar de memoria siete mil pasajes de la Biblia y un millar de los poemas de Ovidio. Aprovechó con excelencia sus estudios monacales, pero su inconformismo le llevó a retar los fundamentos del dogma, y desde 1576 inició una larga peregrinación por Europa huyendo de sus sucesivos perseguidores. Ginebra, Toulouse, París, Londres, Praga y Francfort

fueron testigos de sus enseñanzas siempre punzantes, siempre subversivas.

Recogió estas interpretaciones en su obra más célebre, *De l'infinito universo e mondi* (1584; *Sobre el infinito universo y los mundos*). Bruno conocía la teoría de Copérnico, que había retirado a la Tierra del centro del universo para situar al Sol en esta misma posición. Sin embargo, no se preocupó en demasía de los aspectos científicos de esta propuesta, sino que exploró libremente sus profundidades filosóficas y pasó a defender la existencia de otros planetas habitados girando alrededor de sus estrellas en un cosmos infinito, “como el alma de Dios”. En su concepto visionario, el universo era igualmente eterno y, por tanto, no creado, y el hombre perdía toda importancia sustancial, para convertirse en una criatura más dentro de los muchos mundos posibles.

Huelga decir que esta postura, sostenida además con vehemencia y crueldad dialéctica para con sus adversarios, le valió multitud de enemigos. Excomulgado por católicos, calvinistas y luteranos, Bruno acudió finalmente a Venecia en 1592 para atender una llamada del aristócrata Giovanni Mocenigo, quien pretendía que le transmitiera el secreto de su buena memoria. Defraudado por su fracaso en el aprendizaje de esta pretendida “magia natural”, Mocenigo denunció a su



maestro ante la Inquisición veneciana, que lo extraditó a Roma. En manos del Santo Oficio, el filósofo fue sometido a un largo proceso penal, siete años de privaciones y tormento que culminaron en su condena y ejecución.

Acaso el trágico destino de Giordano Bruno haya alimentado una leyenda no del todo fundada acerca de su contribución a la revolucionaria teoría de los planetas elaborada por Copérnico. Ciertamente es que las ideas sobre un cosmos infinito, los mundos paralelos o la ausencia de un centro del universo, que ni el mismo Copérnico se atrevió a proponer, parecen acercarle a una visión contemporánea. Pero tales planteamientos no obedecen a un enfoque riguroso, y están expuestos en la obra del nolanense en líneas vagas y poco determinantes para el futuro de la ciencia.

Tampoco parece probado que fuera su apoyo a la hipótesis copernicana el motivo último de su condena. Los textos católicos actuales siguen insistiendo en que tal se debió sobre todo a sus afirmaciones heréticas que negaban la divinidad de Cristo, veían al Espíritu Santo como alma del mundo o auguraban la postrera salvación del Demonio. La falta de documentación histórica fehaciente impide conocer con exactitud los pormenores del proceso eclesiástico.

Lo indudable es que Giordano Bruno pereció víctima de un tiempo de excesos ideológicos que, paradójicamente, se proclamaba heredero de la luz renacentista. Modelo del pensamiento liberal posterior y usado como arma arrojadiza para denunciar uno de los períodos más denostados de la historia del catolicismo, el caso de Bruno ilustra como ningún otro el conflicto entre filosofía y religión y, en definitiva, las dudas surgidas recurrentemente en torno a la trascendencia que el ser humano se otorga a sí mismo en la vastedad del universo.

## DEL ANTROPOCENTRISMO

En el auto condenatorio de Giordano Bruno ha querido verse ante todo una muestra paradigmática de la intransigencia religiosa. No es discutible que los estamentos eclesiásticos de aquel tiempo, detentadores del poder en Europa, pugnaban por mantener su posición de privilegio en un período sembrado de incertidumbre y dispersión teológica que amenazaba seriamente sus intereses. Enarbolando la enseña de la fe, sus ministros no dudaron en aplicar métodos expeditivos para im-

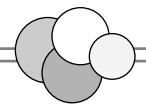
poner criterios de ortodoxia, y el objetivo de las ejecuciones públicas que alentaron era tanto castigar a los disidentes como estimular los valores “ejemplares” de la sumisión y la confianza ciega en el designio supremo.

Sin embargo, desde una visión ajena al infortunado sino de Bruno, en el fondo de los agrios debates que jalonaron aquellos años convulsos se vislumbra una cuestión más compleja que la mera lucha de poder, un asunto cuya discusión se proyecta desde los primeros tiempos de la humanidad a las especulaciones científicas más recientes. Tal es definir el papel que se reserva al hombre en el seno de la naturaleza, el tiempo y el espacio.

En la mente colectiva humana está impreso el deseo perentorio de la superación de la muerte. Con este impulso, el crecimiento del hombre como especie social se ha sustentado en principios morales e ideológicos a veces tan frágiles como la propia existencia del individuo. Uno de ellos es el que entiende que el ser humano está llamado a mayores empresas, a la auto-trascendencia, como una criatura elegida por mor de su intelecto y de su capacidad para contemplar el mundo y conmovirse con su grandiosidad. De algún modo, el discurso provocador de Giordano Bruno desafiaba aquel principio, al despojar al hombre de un plumazo de todo brillo especial dentro del universo. E indirectamente, a través del tamiz religioso, su atrevimiento le costó la vida.

El debate en el que Bruno irrumpió tan sonoramente se remonta al menos hasta la antigua Grecia. Los primeros filósofos, anticipando el dicho platónico, consideraban el asombro como el origen del saber, el estímulo que impele a admirar el espectáculo del día y de la noche, los ciclos naturales, la belleza del cosmos por siempre renovada. Pretendieron por ello abstraerse de sí mismos para mirar el mundo con ojos objetivos y elucubrar acerca de sus maravillas libres de las ataduras personales. Pero pronto se encontraron en un callejón sin salida, incapaces de insuflar vida a sus razonamientos, y terminaron por volver la vista hacia el hombre como modelo, como centro y medida de todo lo existente.

Este “endiosamiento” humano encontró más tarde un terreno abonado en la tradición judeocristiana que se expandía desde el este. Las enseñanzas de Platón y Aristóteles se fundieron entonces con los preceptos de la Biblia y dieron sustrato teológico a la idea del hombre como acólito de Dios, su criatura dilecta, cima de la creación y dominador de la naturaleza. Para conocer,



el hombre no había sino de indagar en sí mismo, pues él era un fragmento del soplo divino y guardaba en su interior el secreto de lo visible y lo invisible.

La consolidación de esta idea exigía construir un edificio argumental que diera cobijo a un ser tan singular. De ello se encargaron, en los albores de la ciencia, los pensadores grecolatinos de los inicios de la era cristiana, los divulgadores árabes posteriores y la escolástica del Medievo. Los elegidos de Dios “sólo” podían vivir en el centro del universo, y en torno a la Tierra, su morada, girarían el Sol, la Luna y todos los planetas, con un fondo de estrellas fijas despuntando en el límite exterior de la esfera cristalina. Este modelo, sistematizado en el siglo II d.C. por el astrónomo alejandrino Claudio Tolomeo, se perpetuó hasta el XVI, cuando los adelantos de la tecnología y la ciencia permitieron atisbar un universo más complejo que obligaba a replantearse enteramente la cuestión.

Tuvo lugar entonces la revolución científica iniciada por el polaco Nicolás Copérnico y secundada por hombres tan influyentes para la historia humana como el pisano Galileo Galilei y el alemán Johannes Kepler. Con tiento para no despertar la inquina de los círculos de poder, esta pujante generación de pensadores se atrevió a situar a la Tierra en una órbita móvil alrededor del Sol, al que escogió como nuevo centro medular del cosmos<sup>1</sup>.

En particular, Galileo se benefició extraordinariamente de los avances de los instrumentos ópticos. Como señala en sus escritos, en los primeros años del siglo XVII “tomó prestado” uno de estos aparatos, el antejo fabricado por “un cierto belga”, para escudriñar los cielos. Los resultados fueron espectaculares. Con un telescopio que él mismo perfeccionó, ciertamente aún bastante rudimentario, el sabio italiano gozó de unos años desbordantes de revelaciones astronómicas: atisbó las manchas solares y las montañas de la Luna, encontró cuatro “estrellas errantes” girando alrededor de Júpiter (hoy llamadas lunas galileanas, los satélites Io, Europa, Ganimedes y Calisto) e identificó las fases de Venus (semejantes a las de nuestra Luna) cuya existencia reforzaba el modelo heliocéntrico de Copérnico, pues demostraba que Venus se encuentra entre la Tierra y el Sol y que gira en torno a la estrella. Por su parte, Kepler resumió con acierto en tres leyes matemáticas relativamente sencillas el movimiento de todo el Sistema Solar.

El triunfo de las ideas heliocéntricas supuso un avance extraordinario en el conocimiento del mundo y abrió las puertas de la ciencia moderna. Este enfoque obligaría en lo sucesivo a no fiarse de la mera especulación filosófica, de manera que todo modelo respetable habría de ser refrendado por el experimento o por la observación. Tal principio rige aún como base de la ciencia contemporánea.

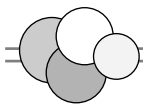
Sin embargo, los impulsores del cambio copernicano, aunque relativizaron la centralidad del ser humano dentro del cosmos, no abandonaron en modo alguno el antropocentrismo. Más al contrario, lo fomentaron, pues el hombre mantuvo su lugar dominante en la naturaleza, ahora como un espectador-experimentador único y privilegiado. Orgullosos de la aptitud humana para desentrañar los misterios del orbe, los sucesores de aquellos sabios dedicaron sus mayores afanes a investigar los arcanos de una realidad física que, como “nuevos dioses”, se veían ya plenamente capacitados para aprehender. Todo era, creían, una mera cuestión de tiempo y entusiasmo.

## FULGOR Y MUERTE DEL OBJETIVISMO CIENTÍFICO

Resulta curioso observar el modo en que la imagen de la divinidad se va adaptando a las vicisitudes de cada momento histórico. En la antigüedad, los filósofos griegos identificaban el cosmos con un organismo que analizaban como un ente abstracto para descubrir las funciones primarias que regían los fenómenos naturales. Fiel a su concepto de la existencia de una verdad absoluta externa al hombre, Platón habló de un “Dios geómetra”, hacedor del orden frente al caos mediante el trazado de las formas inefables, mientras su discípulo Aristóteles concibió a este demiurgo como un ser racional, coherente y filósofo que accionaría el mundo sin moverse él mismo un ápice (el “Motor Inmóvil”). Todo ello era plenamente acorde con el ideal organicista de perfección propio del pensamiento clásico heleno.

Siglos más tarde, el “nuevo orden intelectual” nacido de la revolución copernicana exigió un paradigma renovado. Así, el universo orgánico heredado de los griegos dejó paso poco a poco a un modelo mecanicis-

<sup>1</sup> Aun así Galileo, como es bien sabido, terminó sus días recluido en su domicilio por condena de la Inquisición.



ta, entendido como un artificio divino que casaba mejor con el espíritu de la época. El Dios matemático y geómetra mudó de estampa definitivamente en los tiempos de la Ilustración y la revolución industrial, cuando las realizaciones más valoradas de la mente humana pasaron a ser las máquinas termodinámicas que sustentaban un progreso tecnológico asombroso.

Los hombres cultos de aquella época dieron en creer, en consecuencia, en una suerte de Dios de la mecánica, y el mundo y el universo comenzaron a verse como sistemas perfectamente acoplados de móviles y engranajes. No en vano Leibniz, influyente filósofo alemán, llamaba a la naturaleza “el reloj de Dios” (*horologium Dei*). A todos ellos seducía la imagen de un Creador que simplemente habría ideado el cosmos y accionado el mecanismo que lo puso en marcha, el péndulo perpetuo. Todo cuanto aconteció después, y cuanto sucedería en el futuro, debía ser predecible, y al alcance de la ciencia estaba la gracia de descifrar en su totalidad las leyes de la naturaleza. “Dadme una palanca y moveré el mundo”, afirmó el siracusano Arquímedes en el siglo III a.C en un arrebatado de autoestima. “Decidme cómo era el universo en un cierto momento y, aplicando las leyes de la física, os diré cómo será en cualquier instante futuro”, podría haber sostenido con ese mismo talante cualquiera de los científicos mecanicistas del siglo XVIII.

Pagados de sí mismos, los hombres de aquel tiempo divinizaron la razón. Su reino, el estado post-revolucionario francés, vio nacer y prosperar una floreciente escuela de matemáticos y científicos para los que el concepto mismo de Dios empezaba a entenderse como poco necesario e incluso como un estorbo para la suprema ambición de la racionalidad humana. Muy conocida es la respuesta que el astrónomo Pierre-Simon de Laplace pronunció ante Napoleón Bonaparte cuando acudió a presentarle su *Tratado de mecánica celeste*. El emperador se sorprendió de que en ninguna de las páginas de aquel tratado se mencionara a Dios

como creador del universo. “Sire, nunca he necesitado esa hipótesis”, replicó Laplace.

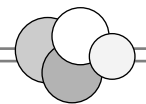
Como nunca antes, estaba el hombre en el centro del pensamiento y la elucubración científica. Aun así, seguía creyendo en la existencia de una realidad exterior, objetiva que, merced a los adelantos técnicos, sería al fin cognoscible. Varias generaciones de científicos se armaron con un arsenal de experimentos, doctrinas y artefactos lógicos cada vez más sofisticados que parecían suficientes para derrumbar las últimas barreras del misterio natural. La matemática, ariete de aquel ejército de optimismo, parecía presta a alcanzar el objetivo. En el año 1900, saludando la entrada de un nuevo siglo y en el marco de un congreso internacional celebrado en París, el alemán David Hilbert resumió en 23 grandes problemas los enigmas matemáticos pendientes<sup>2</sup>. En un tiempo de apoteosis del cientifismo, proclamó que su resolución daría fin a las investigaciones de las matemáticas, que se convertirían así en una ciencia perfecta, cerrada y autosuficiente.

Pero lo que no tardó en derrumbarse fue el armazón mental de la ciencia decimonónica. Las primeras décadas del siglo XX, enormemente fecundas en descubrimientos teóricos y técnicos de gran envergadura, auspiciaron una nueva revolución científica. La relatividad de Einstein, la física atómica y subatómica y, sobre todo, la mecánica cuántica fueron los detonantes de aquel derrumbamiento.

En 1927, el alemán Werner Heisenberg formularía su célebre principio de incertidumbre con el que puso fin a un sueño de la ciencia: el de la todopoderosa fuerza del empirismo. Desde tiempos de Galileo se había creído que la experimentación científica no tenía límites. Bastaba con aplicar el suficiente grado de ingenio y dedicación para desentrañar un hecho natural, fuera éste cual fuere. Sin embargo, de los trabajos presentados por Heisenberg se infería ahora que, a escala subatómica, el mero acto de medir “deforma” el fenómeno observado, lo altera, lo que hace imposible conocer cómo sería si no estuviera el experimentador<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Cien años más tarde, sólo uno de los enigmas de Hilbert permanecía irresuelto: la hipótesis de Riemann de la distribución de los números primos en el conjunto de los números naturales. En cambio, en los inicios del siglo XXI la Unión Matemática Mundial (UMM) cifraba en siete los enigmas fundamentales de las matemáticas pendientes de resolver (para más información, pueden consultarse las direcciones web <http://www.claymath.org/millennium/> y <http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/hilbert/toc.html>).

<sup>3</sup> En términos más estrictos, el principio de incertidumbre de Heisenberg postula que a escala subatómica es imposible medir con total precisión dos magnitudes físicas conjugadas (por ejemplo, posición y velocidad, o energía y tiempo), pues al aproximar el resultado observable en una se deteriora la exactitud de la otra. Ello se debe a que el “instrumento” de medida tiene en esta escala una magnitud comparable al objeto observado, al que altera de modo impredecible; por ejemplo, para determinar la posición de un electrón se utiliza un haz luminoso que, por su esencia, modifica las características de la dualidad corpúsculo-onda asociada al propio electrón. En el mundo cotidiano, a escala macroscópica, este efecto no se percibe. No parece sensato pensar que al medir la altura de una persona con un metro se pueda alterar aquélla, ni que no sea posible medir al mismo tiempo la posición y la velocidad de un coche en movimiento.



Dicho de otro modo, no existe una “realidad física objetiva” o, si existiera, sería inaprensible para el científico. Como resumiera con pragmatismo el danés Niels Bohr, gran artífice de la teoría atómica, “nunca somos sólo espectadores, sino siempre también actores en la comedia de la vida”.

La esperanza de los hombres de ciencia se giró entonces hacia la matemática, último refugio de la sublimidad racionalista. Aún permanecían en pie los pilares del augurio de perfección pronunciado por Hilbert. Pero un duro golpe aguardaba emboscado en la figura de un extravagante joven nacido en tierras del imperio austro-húngaro. Con una intuición demoledora, Kurt Gödel, que así se llamaba, arruinó en 1931 con dos breves axiomas la ambición de tantos matemáticos. En un lenguaje prolijo vino a decir dos cosas: si el conjunto de axiomas lógicos de una teoría es coherente, existen siempre en ella proposiciones que no pueden demostrarse ni refutarse; además, ningún proceso lógico constructivo podrá demostrar que una teoría axiomática es coherente. Por resumir, hizo patente que desde la propia lógica no es posible construir sistemas completos y congruentes, pues siempre queda un margen de “indecidibilidad” para el cual el matemático no podrá nunca afirmar (ni negar) que ciertos axiomas sean correctos. Diríase que también la mente humana tiene su propia cuota de incertidumbre cuántica.

Así pues, en tan breve lapso de tiempo los dos grandes baluartes del absolutismo científico, la experimentación y la razón, quedaron en entredicho, al menos en su forma más clásica y pretenciosa. Fue en aquellos años prodigiosos cuando nació una nueva manera de pensar la ciencia.

## EL JUEGO DE LAS COINCIDENCIAS

“Todo es número”, proclamaban en la antigüedad los discípulos del sabio griego Pitágoras. Veintitrés siglos más tarde, aquel lema de las viejas hermandades pitagóricas reverdece como nunca en nuestra realidad corriente. Hoy todo parece reglado por cantidades numéricas: la mayor altura de la corteza terrestre (en el Everest, 8.848 m) o su máxima profundidad (en las fosas Marianas del Pacífico, 11.034 m), la población y el producto nacional bruto, las cotizaciones bursátiles y

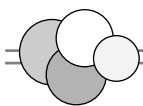
los índices de la audiencia televisiva, el tiempo parcelado al minuto de la jornada diaria o los récords mundiales de atletismo. La tiranía del número penetra todos los intersticios de la vida cotidiana.

Otro tanto sucede en el mundo de la ciencia. Multitud de constantes, parámetros y valores numéricos se filtran por doquier en las fórmulas y las teorías elaboradas de cualquier disciplina científica (modernamente, la genética y la biología molecular añaden a ello una interminable sucesión de letras para escribir el alfabeto de la vida). Aunque este fenómeno era ya propio de la física clásica<sup>4</sup>, la irrupción de la mecánica cuántica (y otros campos científicos) lo ha multiplicado al extremo. Esta disciplina, fiel al principio de incertidumbre de Heisenberg, no habla ya de realidades sino de probabilidades de que sucedan los fenómenos físicos, lo cual conlleva intrínsecamente una nueva oleada invasiva de hordas de constantes numéricas.

Algunos teóricos eminentes entraron con fruición en el juego del análisis de los “grandes números” que aparecían en la ciencia. Entre ellos sobresalió el británico Paul Dirac, Premio Nobel de física en 1933 junto al austriaco Erwin Schrödinger por sus investigaciones cuánticas. Aficionado a la numerología, Dirac observaría con una mezcla de fascinación y extrañeza algunas características singulares de las constantes básicas de las ciencias naturales y de sus relaciones.

Los trabajos de Dirac en este campo cuentan con varios antecedentes históricos reseñables, algunos de los cuales se remontan a la antigüedad grecolatina. Así, entre los cultivadores de tales artes numéricas figuró el mismo Arquímedes, quien en *El Arenario* (o *El contador de arena*) recogió en forma novelada varios de sus agudos razonamientos filosóficos. Dedicada a su protector, el tirano de Siracusa, esta obra comienza con un párrafo introductorio revelador de sus intenciones: “Algunos creen, rey Gelón, que el número de granos de arena es infinito. No hablo sólo de la arena de Siracusa y del resto de Sicilia, sino de la de todo el mundo habitado y deshabitado. Otros hay que no lo creen infinito, mas no se ha imaginado número capaz de abarcar su inmensidad. Claro es que quienes sostienen esta opinión deberían imaginar un volumen hecho de arena del tamaño de la propia tierra si todos sus mares y oquedades se cegaran hasta alcanzar la altura de las mayores montañas”. El ingenio de Arquímedes inventó brillantes demostraciones geométricas para estimar que

<sup>4</sup> Recuérdense a modo de ejemplo la constante de gravitación universal de Newton o los distintos parámetros moduladores de las ecuaciones de Maxwell para el electromagnetismo.



sería posible llenar el cosmos con  $10^{63}$  granos de arena, un número de magnitud tal que le sirvió de estímulo para perfeccionar el sistema numeral griego mediante el uso de exponentes<sup>5</sup>.

Aquel cosmos que Arquímedes imaginaba allá por el siglo III a.C. en su Sicilia natal era el que describiera antes Aristarco de Samos: una prístina esfera en cuyo interior se encerraban la Tierra, el Sol, los planetas y las estrellas fijas. Más de dos mil años después, a principios del XX, la genialidad y los trabajos de otros muchos pensadores alumbraron un modelo de universo de incontables estrellas y galaxias en perpetuo movimiento, agrupadas en magnas superestructuras y separadas unas de otras por un inmenso y aparente vacío. Uno de aquellos científicos, Arthur Eddington, primer divulgador en inglés de la teoría de la relatividad einsteiniana, abordó con métodos radicalmente nuevos un problema semejante al de Arquímedes, aunque expresado en los términos y la mentalidad de la ciencia contemporánea. La diferencia del enfoque queda patente con una sola de las apreciaciones de Eddington: “Como la mayoría de las partículas del Universo interactúan muy infrecuentemente, pueden representarse por ondas planas con distribución de probabilidad uniforme”. El resultado de su especulación teórica, conocido como “número de Eddington”, establece la cantidad de partículas presentes en el cosmos en el orden de  $10^{79}$ .

A primera vista, los ejercicios de elucubración de esta índole podrían parecer ociosos, pero lo cierto es que en ocasiones han servido para encontrar soluciones a diversos problemas de la ciencia. Obviamente, las consideraciones y los resultados de Arquímedes y Eddington se sustentaban en fundamentos muy débiles, pese a lo cual abrieron un camino fructífero –uno de los muchos– para la orientación posterior de la cosmología y la física teórica. Otros eruditos ejercitaron en las décadas siguientes a Eddington la gimnasia de combinar matemáticamente las constantes fundamentales de la física para obtener resultados curiosos y desvelar, un tanto aleatoriamente, posibles vinculaciones ocultas en las fórmulas en las que intervenían.

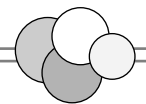
El propio Eddington había determinado, inspirándose en una aportación anterior de Hermann Weyl, que el cociente entre la fuerza eléctrica de atracción existente entre un electrón y un protón y la fuerza gravitacional también atractiva entre estas dos partículas es una cantidad adimensional del orden de  $10^{39}$ . Extrañamente, la proporción entre la edad estimada de una estrella típica, como el Sol, y el tiempo que tarda la luz en atravesar el átomo (un concepto que podría servir para fijar la unidad de tiempo en los procesos nucleares) resultó ser también un número sin dimensiones con una magnitud de  $10^{39}$ . Por su parte, la relación entre la masa estimada del universo y la masa del protón es de  $10^{78}$ , semejante al número de partículas presentes en el cosmos según el número de Eddington; más extrañamente, esta cifra es además el cuadrado de  $10^{39}$ .

A los aficionados a este juego matemático, todos ellos investigadores de renombre internacional, les empezó a inquietar el hecho de que la estimación de otras muchas relaciones numéricas basadas en combinaciones de las constantes fundamentales de la física dieran consistentemente valores del orden de  $10^{40}$ ,  $10^{80}$  (cuadrado del anterior),  $10^{120}$  (cubo del primero), etc. Estos resultados llamaron la atención de Dirac, quien observó que lo que cabría esperar por principio es que de tales pasatiempos numéricos centrados en parámetros inicialmente no relacionados entre sí se obtuvieran cantidades bastante disímiles, ni mucho menos caracterizadas por la uniformidad que parecía vislumbrarse. El británico, un hombre imaginativo y excelente matemático, sintetizó esta situación en un principio que dio en llamar “hipótesis de los grandes números”<sup>6</sup>, siempre dentro del marco de la especulación teórica.

Ahora bien, ¿existe una respuesta “práctica” a tales coincidencias? Dirac se sintió inclinado a interpretarlas como un resultado de una posible variación con el paso del tiempo de las llamadas “constantes universales de la física”. Aunque pareciera contradictorio, el británico sugirió que dichas constantes, tan habituales de las fórmulas científicas (por ejemplo, la velocidad de la luz, la carga eléctrica del electrón o la constante de gra-

<sup>5</sup> En la notación científica actual se usan potencias decimales para expresar el orden de magnitud de las cantidades. Así,  $10^8$  equivale a un 1 seguido de ocho ceros (100.000.000); por ejemplo, la velocidad de la luz es, aproximadamente, de  $3 \cdot 10^8$  m/s, es decir, 300.000.000 m/s, o 300.000 km/s. A su vez,  $10^{-8}$  es la inversa de  $10^8$ , o lo que es lo mismo, 1 dividido por 100.000.000.

<sup>6</sup> Dicha hipótesis sostiene que dos cualesquiera de los grandes números sin dimensiones propios de la naturaleza están conectados por una relación matemática sencilla cuyos coeficientes son del orden de magnitud unitario; por ejemplo, el cociente obtenido al dividir el número adimensional “edad del universo-tiempo que tarda la luz en atravesar el átomo” y el número, también sin dimensiones, que vincula la fuerza eléctrica protón-electrón y la fuerza gravitatoria entre ambas partículas es del orden de la unidad, pues los dos tienen la misma magnitud ( $10^{39}$ ).



vitación universal de Newton), podían considerarse invariantes en un cierto momento “congelado” de la historia del universo, pero no a lo largo del tiempo transcurrido desde el *big bang* (gran explosión primigenia que dio origen al universo, según la teoría cosmológica más aceptada). En consecuencia, el hecho de que los números adimensionales de su “juego de las coincidencias” fueran de magnitudes tan altas –algo que también le preocupaba– podría tener que ver con el hecho de que el universo es ya bastante viejo.

Desde otra perspectiva, en 1961 el estadounidense Robert H. Dicke, de la Universidad de Princeton, aventuró una idea ciertamente arriesgada e innovadora para interpretar los números adimensionales de Eddington y Dirac. Compartió la idea de que estas extrañas coincidencias no pueden suceder por casualidad, aunque opinó que lo que hacen es definir, en cierto modo, el estrecho margen en el que es posible la vida inteligente en el universo. Son así porque nosotros las observamos o, dicho de otra manera, si tuvieran valores distintos no habría sido posible el desarrollo de seres de carbono orgánico dotados de inteligencia. Es más, añadía, en otros momentos de la historia del cosmos, una combinación diferente de estas constantes excluiría de por sí la existencia humana.

Tal es el argumento central del llamado principio antrópico, una nueva vuelta de tuerca a la secular visión del antropocentrismo, que ha reunido una legión adeptos y detractores en el seno de la comunidad científica desde las postrimerías del siglo XX y que ha encontrado un terreno fértil para su difusión en el movido ámbito de la cosmología contemporánea.

## PRINCIPIO ANTRÓPICO

En su forma más general, la argumentación “antrópica”, como dio en llamarse la propuesta inicial de Dicke, advierte de que las coincidencias observadas por Dirac, Eddington y otros no suceden por azar, sino que están condicionadas por factores biológicos. Por ejemplo, si la fuerza de la electricidad no hubiera sido tan intensa con respecto a la gravitatoria (ésta es  $10^{39}$  veces menor), las estrellas incipientes en el universo joven se habrían colapsado mucho antes de que pudieran producir elementos químicos más pesados que el

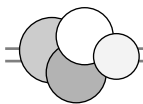
hidrógeno y el helio, con lo que no existiría el carbono y, por tanto, tampoco la vida orgánica tal como la conocemos.

Así sucede con otros hechos observados en la realidad física mensurable, de manera que los parámetros de fundación del cosmos (el “programa” que sigue desde su origen) parecen responder a un “ajuste fino” al que cabría atribuir en última instancia la aparición de la vida. Si, por ejemplo, la carga eléctrica del electrón hubiera sido ligeramente diferente de la que es, el universo resultante habría resultado inhóspito para las formas de vida conocidas y, por tanto, para el hombre como su observador inteligente. Otro tanto puede decirse de las restantes constantes fundamentales en las que se sustentan las más importantes leyes de la naturaleza, tal como las conciben los científicos. ¿Cómo sería, por ejemplo, un universo con más de tres dimensiones en el espacio? ¿o con un ritmo diferente de gasto de la energía, esto es, de avance de la “flecha del tiempo” que tan inexorablemente marca la dirección de nuestras vidas individuales? ¿Qué aspecto y qué propiedades tendría el mundo si las fuerzas nucleares fueran más laxas de lo que son y dejaran escapar con mayor facilidad los protones del núcleo de los átomos?

La interpretación “inversa” del cálculo de la edad del universo constituye un ejemplo clásico del razonamiento antrópico. En la lógica causal sobre la que se apoyan los principios y demostraciones clásicas de las ciencias naturales, la pregunta sería: ¿qué sucedió para que desde el *big bang* apareciera vida inteligente sobre la Tierra al cabo de algo más de diez mil millones de años? El método antrópico razona al revés: puesto que existe vida inteligente en la Tierra, el universo tiene unos diez mil millones de años de antigüedad<sup>7</sup> precisamente porque ése es el tiempo necesario para que aparezcan seres inteligentes capaces de hacerse tal pregunta.

Según el modelo cosmológico vigente hoy en día, del enorme estallido energético del *big bang* surgieron pronto las partículas elementales que son los “ladrillos” de la materia (electrones, protones, neutrones), las cuales dieron origen a los átomos más ligeros conocidos: hidrógeno y helio. Éstos eran los únicos existentes en el universo primitivo, y de su aglutinación nacieron las primeras estrellas calientes, que en su “horno de fusión termonuclear” comenzaron a fabricar elementos atómicos progresivamente más pesados: carbono, nitrógeno, oxígeno, sodio, calcio, hierro, etc.

<sup>7</sup> En concreto, 13.700 millones, según las últimas estimaciones científicas.



Al cabo de unos miles de millones de años, algunas de estas primeras estrellas, ya moribundas, empezaron a colapsarse y explotaron en forma de supernovas. Dispersaron así su material por el espacio, y de él se engendraron nuevas estrellas “de segunda generación”. Varios procesos de este tipo permitieron elevar, tímidamente, la abundancia de los elementos químicos pesados en el universo, con los que se crearon los sistemas planetarios jóvenes en los que ya había, por ejemplo, carbono. Al menos uno de los más hospitalarios de estos sistemas, el nuestro, llegó a albergar vida orgánica (de carbono) y, a través del proceso de la evolución descrito por Charles Darwin, dio lugar finalmente a vida inteligente. Tal como dijera Carl Sagan, todos somos “hijos de las estrellas”, de cuyo material residual estamos conformados.

Esta secuencia de acontecimientos requiere, según las estimaciones científicas, en torno a unos diez mil millones de años para completarse. Es decir, en la actualidad nos hallamos dentro de la franja temporal en la que es posible la existencia del ser humano, en un planeta acogedor donde existen carbono, oxígeno y los demás elementos atómicos imprescindibles. Un universo más joven no podría haberlo acogido: no contendría carbono, ni tampoco agua. Luego puede colegirse, por razonamiento inverso, que el cosmos tiene la edad que se le conoce porque es la necesaria para que un observador inteligente la pueda determinar.

Este argumento sería refinado por Brandon Carter una década más tarde en una serie de asertos que recibieron genéricamente el nombre de “principio antrópico”. Este físico británico aprovechó el eco de los fastos de celebración del quinto centenario del nacimiento de Copérnico, en 1973, para presentar una primera versión de sus ideas que completaría posteriormente. En el aniversario de la venida al mundo del científico polaco que desterró a la especie humana a un lugar secundario en la geografía del universo, Carter se atrevió a recolocarla en el centro del escenario, alumbrada por los focos de la trascendencia cósmica. Según su propuesta, y admitiendo evidentemente que el hombre no ocupa un lugar espacio-temporal privilegiado en el cosmos, el estudio de las leyes de la física y el conocimiento de la naturaleza sólo pueden avanzar si se presupone la existencia del propio ser humano como una suer-

te de agente causal *a posteriori*. Así, recomendaba a los físicos incluir el “factor biológico” como uno más de los condicionantes de sus modelos, a la vez que instaba a los biólogos a no desdeñar los “factores físicos naturales” en sus distintos trabajos.

John Barrow y Frank Tipler sistematizaron las ideas de Carter en un libro enormemente polémico que vio la luz en 1986<sup>8</sup> y que resumió estas proliferas especulaciones en tres postulados. El primero, llamado *principio antrópico débil*, sostiene que los valores observados de todas las magnitudes físicas y cosmológicas no son equiprobables, sino que toman valores restringidos por la necesidad de que existan lugares en los que pueda evolucionar la vida con base de carbono en un universo lo suficientemente viejo para permitirlo. Esta formulación se complementa con una segunda, denominada *principio antrópico fuerte*, según la cual es imperativo que el universo tenga las propiedades necesarias para que la vida pueda desarrollarse en él en algún momento de su historia<sup>9</sup>.

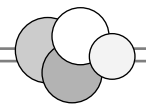
Dicho de otro modo, el principio antrópico débil indica que, dado que la vida existe, las magnitudes del universo desde su origen han de ser tales que permitan dicha existencia; ello condicionaría los valores de las constantes fundamentales conocidas en la física y podría tener interés en el enfoque de las teorías científicas. Independientemente, el principio antrópico fuerte “exige” que el universo tenga dichas cualidades para hacer posible necesariamente la vida (es más, la vida inteligente). Ambos postulados son muy discutibles, y han sido ampliamente discutidos. Pero también han servido de campo de debate para establecer líneas de investigación dentro de la cosmología contemporánea, dando asimismo complemento al fondo filosófico de algunos de los planteamientos más aventurados de la física de partículas y la mecánica cuántica.

La primera crítica al principio antrópico débil es bastante obvia. ¿Por qué tomar como base de todo modelo físico la vida basada en el carbono? ¿Acaso no serían posibles otras formas de vida, de adaptación a un universo hostil para el hombre pero no para seres inimaginados que tuvieran un tipo de química elemental diferente al nuestro? Del principio antrópico fuerte se ha dicho que es imposible de comprobar y, aún más, innecesario y ocioso. En conjunto, la argumenta-

<sup>8</sup> *The Anthropic Cosmological Principle* (1986; *El principio antrópico cosmológico*), Oxford University Press.

<sup>9</sup> Existe una tercera versión, de connotaciones claramente metafísicas y morales: el *principio antrópico final* sostiene que en algún momento de la historia del universo es inevitable la existencia de un ser inteligente capaz de procesar información, y que una vez surgido nunca desaparecerá.





ción propia del antropismo se ha descalificado por algunos como tautológica e inútil, basada en una elucubración altamente compleja que concluye con la “simple afirmación de que el hombre existe”, en palabras del físico español Cayetano López.

Como trasfondo se percibe asimismo un sutil replanteamiento del viejo asunto del antropocentrismo y del “argumento del diseño”. Este último entronca con uno de los temas tradicionales de la filosofía occidental: ante el asombro de la complejidad y la perfección de la naturaleza, cabe preguntarse si ésta no fue “diseñada” *ex profeso* por una mente superior. Este argumento del diseño ha viajado con diversos ropajes filosóficos por la historia del pensamiento en occidente, hasta que sufriera un serio revés con motivo de la teoría de la evolución presentada por Darwin: el mecanismo de la selección natural parecía excluir toda necesidad de un “diseño preconcebido”, pues todas las formas vivas surgen, según los darvinistas estrictos, como resultado de combinaciones de genes y de mutaciones exitosas ante la presión ambiental. Aun así, el argumento del diseño no ha sido desterrado del todo, ni siquiera entre diversas escuelas de evolucionistas que, inspirándose en la teoría de Darwin, no dejan de maravillarse ante la perfección de las formas y funciones de los organismos biológicos y creen adivinar algún mecanismo moderador o complementario al de la selección natural de los mejor adaptados.

Así pues, su sesgo hacia una especie de “teología científica”, con el aroma de la reintroducción en los argumentos de la ciencia de un “Gran Diseñador” que hubiera elegido, entre todos los posibles, los valores óptimos de las constantes físicas para propiciar la vida humana, es uno de los aspectos más controvertidos y rechazados del principio antrópico (a veces incluso por sus propios defensores, que lo proponen como un modelo meramente instrumental). Y, sin embargo, este principio ha merecido la atención de ilustres representantes de la ciencia contemporánea, entre ellos el británico Stephen Hawking, valorado como uno de los mejores divulgadores científicos del presente.

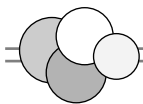
Algunos comentaristas sostienen que Hawking, reconocido amante de una ansiada “teoría del todo” que explique de forma coherente y única la totalidad de los fenómenos e interacciones de la naturaleza (como la gravitación y la mecánica cuántica), ha coqueteado con el principio antrópico viéndolo como una propuesta holística provisional y en espera de nuevos desarrollos teóricos que permitan la “gran unificación” de las teorías físicas. En cualquier modo, sus

especulaciones en torno a la cuestión son, como de costumbre, de una extrema y elegante brillantez.

No obstante, en un trabajo reciente el propio Hawking ha cuestionado que el universo sea en realidad tan “especial” como presupone el argumento antrópico. Basándose en un complejo razonamiento teórico, Hawking ha concluido que las probabilidades de que un universo surgido de una gran explosión primordial desemboque al cabo en algún mundo habitable son mayores de las que se había estimado en un principio. Si así fuera, se desmontaría uno de los pilares en que se sustenta el antropismo. Paralelamente, otro notable divulgador, el evolucionista Stephen Jay Gould, ha hablado con tono escéptico del “ajuste fino” sosteniendo que no requiere mayor explicación que el hecho de que al tirar dos dados salga un seis doble.

Las opiniones contrarias no han impedido la profundización en las posibles derivaciones del principio antrópico. Una de ellas propone un modelo sin duda seductor que encaja razonablemente bien con el actual modelo estándar de la cosmología, el *big bang*. En su versión más aceptada, este modelo describe la evolución del universo desde la gran explosión primigenia indicando que un instante después de la misma se produjo una “inflación” en la que el universo se expandió de manera enormemente acelerada antes de entrar en la fase actual, de una expansión más moderada. Se ha sugerido que en aquel instante inflacionario pudieron haberse creado numerosos universos, cada uno con sus valores singulares, y diferentes, de las constantes fundamentales de la física. En este escenario de “multiverso”, como ha dado en llamarse la colección de múltiples universos teóricos, el ser humano habitaría en una “burbuja inflada” cuyas características físicas son particularmente propicias para su existencia. Otras de las supuestas burbujas resultantes de la explosión inflacionaria serían del todo inhóspitas para la vida, o acaso acogerían formas biológicas que no podemos siquiera imaginar.

Esta última descripción resulta asimismo interesante para los teóricos de la mecánica cuántica y la física de partículas, que contemplan la posibilidad de la existencia de universos paralelos como interpretación de los resultados de algunas de sus investigaciones. Tal es así que, en estos tiempos de exploración de un mundo que resulta tanto más misterioso cuanto más se analiza, donde la ciencia, como la sociedad, encuentra grandes dificultades para apoyarse en una base de creencias firmes, el antiguo rastro del antropocentrismo, del hombre como centro y objeto del saber, encuentra su lugar



en esquemas teóricos de una descomunal complejidad, apoyados con fórmulas matemáticas ininteligibles para el común de los mortales y con razonamientos tan luminosos y originales como sin duda especulativos. Al fin y al cabo, ¿adónde más puede mirar el hombre sino a sí mismo, frente una realidad que se le muestra tozadamente tan esquiva?

\*\*\*

La romana Piazza di Campo di Fiori ha cambiado sustancialmente de aspecto desde aquel triste 17 de febrero de 1600. El bullicioso mercado de caballos del siglo XVII ha dejado su sitio a una lonja de verduras, y en el punto que entonces ocupara el patíbulo se alza hoy una estatua, erigida en el siglo XIX como reconocimiento a la más ilustre de sus víctimas: “A Bruno - *Il secolo da Lui divinato, qui dove il rogo arse*”.<sup>10</sup> La fuerza de aquella pira aviva aún el debate sobre el perdón debido por la Iglesia católica a la memoria del filósofo.

sofo. Cuatro siglos de historia no han bastado para consumir las brasas de un hecho que conmovió a la fastuosa Roma surgida del Renacimiento y que es todavía símbolo del empecinamiento y el recelo con que a menudo se contemplan la disidencia y la libre expresión de las ideas.

Al igual que los hombres de ciencia del siglo XIX se consideraron deudores de Giordano Bruno, el visionario, las sucesivas y enormes grietas abiertas en los edificios mentales que ellos levantaron no han de obstar para que se siga reconociendo su indudable mérito para definir los principios del pensamiento colectivo del presente. Así ha de ser cuando, en un período de desconcierto en torno a los valores morales y a la relación con la naturaleza, de quiebra o duda en las convicciones acerca del origen y el destino humanos, en la mente del hombre contemporáneo cobra renovada actualidad una antigua e inquietante máxima del filósofo griego Demócrito de Abdera: “Cuanto existe en el universo es fruto del azar y la necesidad”.

<sup>10</sup> “A Bruno, el siglo por él adivinado, en el lugar donde ardió la hoguera”. El monumento rinde homenaje asimismo a otros condenados por la intolerancia ideológica: Miguel Servet, médico y teólogo español, y Giulio Cesare Varini, racionalista epicúreo napolitano, quemados vivos por orden de tribunales religiosos en Ginebra (1553) y Tolosa (1619), respectivamente; Jan Hus, discípulo del reformador inglés John Wycliffe, que tuvo el mismo destino en 1415 en Constanza, y Aonio Paleario, filósofo italiano estrangulado en 1570.