

DRAKONTOS



# EL UNIVERSO SOBRE NOSOTROS

Un periplo fascinante desde el  
cielo de **don Quijote** al cosmos  
de **Einstein**

ANTONIO J. DURÁN

CRÍTICA

# EL UNIVERSO SOBRE NOSOTROS

Un periplo fascinante desde el cielo  
de don Quijote al cosmos de Einstein

Antonio J. Durán

**CRÍTICA**  
BARCELONA

Primera edición: octubre de 2015

*El universo sobre nosotros*  
Antonio J. Durán

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Antonio J. Durán, 2015

© Editorial Planeta S. A., 2015  
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)  
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

[editorial@ed-critica.es](mailto:editorial@ed-critica.es)  
[www.ed-critica.es](http://www.ed-critica.es)

ISBN: 978-84-9892-871-6  
Depósito legal: B. 20.484 - 2015  
2015. Impreso y encuadernado en España por Huertas Industrias Gráficas S. A.

---

●

# Índice

<i>Prólogo muy menudo</i> .....	7
<b>1. DE LA ASTRONOMÍA GRIEGA A NEWTON, PASANDO POR LA <i>ODISEA</i> Y EL <i>QUIJOTE</i></b> .....	9
La magia del cielo nocturno .....	9
Del caos al cosmos .....	14
La danza de los astros .....	21
La quintaesencia .....	29
El problema de la longitud y la reforma del calendario .....	32
La Tierra se mueve .....	35
Coreografía planetaria .....	39
¿La Tierra se mueve? .....	48
¡La Tierra se mueve! .....	54
El café, los planetas... y Newton .....	64
¿Qué hace moverse a los planetas? .....	72
¿A hombros de gigantes? .....	84
<b>2. DE NEWTON A EINSTEIN, CASI A LA VELOCIDAD DE LA LUZ</b> .....	89
El nuevo relato del universo .....	89
Más allá del sistema solar .....	93
«El cielo está rebosante de fantasmas» .....	100
El descubrimiento de Neptuno .....	107
Jugando con pilas e imanes .....	113
Los increíbles descubrimientos del aprendiz de encuadernador .....	117
Las ecuaciones de Maxwell .....	123

La naturaleza de la luz . . . . .	131
Las ondas electromagnéticas y la sutilidad del éter . . . . .	136
3. EINSTEIN . . . . .	145
Cuestión de cifras decimales . . . . .	145
El primer presidente de la Academia Olimpia . . . . .	149
«¡Nunca conseguiremos de usted nada de provecho!» . . . . .	153
Hume, Mach y Poincaré . . . . .	163
Un mal nombre para una teoría asombrosa . . . . .	168
Evidencias experimentales . . . . .	178
$E=mc^2$ y la edad de la Tierra . . . . .	185
La importancia de la oficina de patentes . . . . .	196
De la física a la geometría . . . . .	200
«Las personas de valía no deben sacrificarse por asuntos sin esperanza» . . . . .	210
«Voces blasfemas contra el espacio y el tiempo» . . . . .	226
El discreto encanto de las matemáticas . . . . .	236
«La teoría es de una belleza incomparable». . . . .	244
El personaje del siglo . . . . .	253
4. EL COSMOS DE EINSTEIN . . . . .	275
Espectros . . . . .	275
«Don Quijote de la Einsta» contra los cuantos . . . . .	285
Agujeros negros . . . . .	300
«El mayor error de mi vida» . . . . .	322
El universo en expansión . . . . .	327
La gran explosión . . . . .	339
Breve biografía del universo . . . . .	354
«Cualquier tiempo pasado fue mejor» . . . . .	370
<i>Bibliografía</i> . . . . .	373
<i>Índice de nombres</i> . . . . .	381

## De la astronomía griega a Newton, pasando por la *Odisea* y el *Quijote*

*Teníamos el cielo allá arriba,  
todo tachonado de estrellas,  
y nos echábamos de espaldas,  
las mirábamos y discutíamos si las hicieron  
o si acontecieron sin más.*

MARK TWAIN

### La magia del cielo nocturno

La iluminación eléctrica de las ciudades tiene poco más de un siglo e innegables ventajas. Pero también tiene un gran inconveniente; nos ha hurtado el disfrute cotidiano de uno de los más grandiosos paisajes que nos ofrece la Tierra: la visión del cielo nocturno sin contaminación lumínica. Es difícil disfrutar de tamaño espectáculo hoy en día, como no sea desplazándose a algún paraje remoto alejado de urbes y pueblos. Pocas cosas hay a la vez tan apacibles y sugerentes como tumbarse en tales sitios y saborear, primero, la caída de la tarde, tan serena conforme el piar y bullir de los pájaros se atempera hasta apagarse y dar paso al silencioso volar de los murciélagos; y, después, asistir a la extinción de la claridad del cielo y observar la lenta pero implacable aparición de las estrellas, dispersas de inicio en un lienzo azul, y finalmente rutilantes e incontables en la oscuridad de la noche. Es fácil entonces hacernos una idea del cóctel de emociones que debieron sentir nuestros primeros ancestros ante algo tan magnífico y apabullante. No es de extrañar que ante tal visión se les avivara la vena poética, sintieran el deseo de trascender, o la necesidad de inventar dioses, ya fueran terribles o protectores.

El propósito de este libro es mostrar cómo ha cambiado el relato que la ciencia ha ido haciendo de lo que observamos en el cielo, desde la astronomía griega hasta la cosmología actual. En cierta forma, las teorías del universo se configuran como si fueran relatos literarios. Para elaborarlas se observa el cielo,

se eligen los objetos que se quieren estudiar —serían los personajes del relato—, y se detectan algunas regularidades en su comportamiento. Es lo que hicieron los antiguos astrónomos babilonios, egipcios y griegos, en el extremo oriental del Mediterráneo, o los mayas, en las orillas del Caribe.

La configuración de la teoría obliga a olvidarse de muchos detalles —igual que una novela no es la descripción ininterrumpida de lo que acontece a cada personaje en cada momento—; de otra forma sería imposible detectar regularidades básicas y abstraer de ellas los conceptos y leyes fundamentales que determinarán más adelante las características y el comportamiento de los personajes, y ayudarán a configurar el relato. No es exagerado afirmar que los conceptos y leyes fundamentales tienen, en una teoría del universo y en general en ciencia, el papel que las metáforas tienen en el relato literario. Como escribió Gerald Holton: «La fuerza de muchos conceptos científicos útiles reside, al menos en parte, en el hecho de que son proyecciones antropomórficas del mundo de los asuntos humanos, y en esa medida son metáforas». Es verdad que la ciencia procura calibrar la importancia de conceptos y leyes basándose en datos empíricos, solidez lógico-matemática, y, por así decir, apelando a la objetividad de los números; la ciencia procura alejarse de influencias psicológicas o sociológicas, o de la subjetividad de la palabra. Pero no siempre consigue cumplir esos deseos del todo, y a veces ni siquiera en buena parte —como iremos viendo a lo largo de este libro—. De ahí que quepa interpretar conceptos y leyes como metáforas, con su carga de subjetividad, flexibilidad interpretativa y dependencia de la imaginación. En este sentido, los científicos a veces están más cerca de los artistas de lo que a ellos les gusta creer. «La lingüística comparada ha demostrado sobradamente que nuestro almacén de metáforas y otros artificios imaginativos determina en gran medida lo que podemos pensar en un cierto campo científico —escribió al respecto Holton—. E historiadores de la ciencia han encontrado evidencia adicional de este hecho.» Pero las metáforas en ciencia no deberían ser solo cosa de científicos, sino también de profesores y divulgadores: «Nuestros científicos continúan su floreciente traficar con metáforas —sigo citando a Holton—. Y nuestros educadores deben también encantarnos con metáforas nuevas y vitales. Sus tareas respectivas difieren bastante en el detalle, pero ambos comparten meta, una meta a la que todavía se aplica la máxima de Copérnico: promover el “estudio de los objetos más bellos”».

Así que, exagerando un poco, aunque acaso no mucho, se podría decir que una buena teoría científica es una colección de excelentes metáforas, o que la mitad de la ciencia son metáforas, y también alegorías, metonimias, sinécdoques, prosopopeyas, y otros tropos de la retórica —dice el diccionario que un tropo es «el empleo de las palabras en sentido distinto del que propiamente les

corresponde, pero que tiene con este alguna conexión, correspondencia o semejanza»—. Y valdría, desde luego, decir que la ciencia es, en buena parte, una ficción de la realidad. Einstein lo explicó así de bien: «El hombre intenta crear para sí mismo, del modo que más le convenga, una imagen del mundo simplificada e inteligible; después, y hasta cierto punto, intenta que su cosmos reemplace al mundo de la experiencia, porque cree que así se hará dueño de este. Así lo hacen, cada uno a su manera, el pintor, el poeta, el filósofo especulativo y el científico de la naturaleza. Cada uno hace que ese cosmos y su construcción sean el eje de su vida emotiva, para hallar a través de ese camino la paz y la seguridad que no es posible encontrar en el venero de la experiencia personal».

En el fondo, una buena metáfora nos debe permitir conocer mejor aquello a lo que se le aplica o, al menos, hacernos creer que lo conocemos mejor. De manera que nos encontraremos con muchas e interesantes metáforas para explicar lo que vemos en el cielo a lo largo de este libro, tales como la circularidad de los movimientos celestes que propusieron los pitagóricos, o la idea de tiempo y espacio absolutos, o la acción instantánea y a distancia de la gravedad de Newton, o la invariancia de la velocidad de la luz de Einstein. Las anécdotas de la caída de la manzana que, según Newton, le reveló la universalidad de la gravedad, o la caída de un obrero desde un tejado que, según Einstein, le sugirió la idea de que la gravedad equivale a un movimiento uniformemente acelerado, con ser simplistas e imprecisas pueden ser también consideradas metáforas científicas. La teoría científica acaba compartiendo con la metáfora su carácter unificador, simplificador y revelador de hechos aparentemente dispersos, inconexos o incomprensibles. Y, en tanto sea así, la metáfora tendrá valor en ciencia, por más que a veces sea equivocada —como cuando, por ejemplo, Thomas Young sugirió que la formación de los colores estaba relacionada con la manera en que vibra la luz, de igual forma que los distintos tubos de órgano producen sonidos diferenciados—.

Pero si la mitad de la ciencia consiste en metáforas, la otra mitad la constituye el valor de las constantes. En ciencia hay constantes de toda índole y pelaje; constantes matemáticas, como el número  $\pi$ ; constantes físicas, como la velocidad de la luz, la masa del protón o la carga del electrón; constantes químicas, como el número de Avogadro, el cero absoluto o el volumen molar. El valor de las constantes es lo que permite pasar a la ciencia del plano metafórico al real. Decir que la razón entre la longitud de toda circunferencia y su diámetro es constante es una metáfora magnífica. Pero es saber que esa constante, el número  $\pi$ , vale 3,1415, más o menos, lo que nos permitirá hacer realidad el cálculo de la longitud de una circunferencia: si el diámetro ecuatorial de la Tierra mide 12.756 km entonces la longitud del Ecuador terrestre vale aproximadamente



$12.756 \times 3,1415 = 40.072,974$  km. O, por poner un ejemplo algo menos inocente, las metáforas del mundo atómico permitieron imaginar cómo se fisionaba un átomo de uranio, y el valor de las constantes físicas implicadas permitió calcular la incalculable cantidad de energía que ese proceso liberaría: a partir de esos cálculos, el mundo dejó de ser lo que era.

El valor de las constantes, en cierta forma, representa la parte experimental de la ciencia, pues en buena medida las constantes se conocen mediante la realización de mediciones sobre la realidad. El milagro científico se produce cuando las predicciones teóricas, hechas cuando las metáforas se concretan usando el valor de las constantes, coincide con los hechos observados.

En este sentido, el relato científico se hace dual: por un lado está lo que predice la teoría, por otro lo que observamos. Teóricos y observadores o experimentadores ejercen funciones científicas diferentes, pero ambas son imprescindibles. La teoría anda como a ciegas, corre serio riesgo de extravío, si no es capaz de hacer predicciones que los experimentadores puedan comprobar; y al revés, sin una teoría adecuada donde insertar los resultados experimentales estos pierden buena parte de su importancia y de su capacidad reveladora. «La naturaleza de la gravedad es uno de los temas “fundamentales” de la ciencia —escribió al respecto Martin Rees—. Las reflexiones más profundas emanaron de un hombre, Einstein, que representa el arquetipo del teórico en el pensamiento colectivo. Sin embargo, incluso en este campo de investigación son los observadores y experimentadores, de cuya originalidad técnica y perseverancia depende el progreso, quienes han abierto la mayor parte del camino. Los teóricos, encargados de interpretar y explicar los fenómenos, parecen contribuir más directamente que sus otros colegas al éxito de la empresa científica; pero muchas veces los verdaderos “conductores” del progreso son los conceptos que conducen a innovaciones tecnológicas.»

El ritmo al que avanza la ciencia depende en muchas ocasiones del equilibrio entre teoría y experimentación; y la experimentación, a su vez, depende del desarrollo tecnológico. A lo largo de este libro veremos pugnar lo que el relato predice para el universo con la observación del universo real, seremos testigos de los grandes éxitos predictivos de las teorías y de los no menos sorprendentes experimentos que obligaron a cambiar o adaptar el relato. Con el transcurso de los siglos, la pugna entre desarrollo científico y tecnológico ha hecho que ciencia y tecnología acaben formando un tándem formidable con capacidad y poder para transformar la sociedad.

Los desacuerdos entre teoría y experimentación marcan el inicio del fin de un determinado relato científico, y veremos algunos ejemplos en este libro. En el caso del universo, la continua confrontación entre lo que establece la astrono-

mía teórica y lo que observamos realmente en el cielo ha sido uno de los motores que ha hecho avanzar nuestro conocimiento del universo, y, a su vez, ha obligado a modificar de tanto en tanto el relato del cosmos. La teoría está regida por las metáforas, y sus predicciones por el valor de las constantes. La mayor o menor fiabilidad de una teoría dependerá de la exactitud de sus predicciones. Si estas acumulan errores y más errores, entonces la teoría está sentenciada y más tarde o más temprano será reformada o, simplemente, abandonada y reemplazada por otra. Las teorías quijotescas, aquellas que confunden molinos con gigantes, ventas con castillos, o Aldonzas con Dulcineas, aquellas donde «su realidad» no sea suficientemente parecida a «la realidad», no tienen futuro.

Pero hay otras razones para cambiar de relato científico. Entre ellas, la simplificación de las teorías, que nuevas generaciones de científicos ven necesario hacer tras un proceso de barroquización. Y a veces también, aunque esto es más raro, la intuición de algún científico genial.

El relato del cosmos engarza con algunos de los grandes enigmas y preguntas que han acosado al ser humano desde que tomó conciencia de su propio ser. Esto dota al relato de capacidad para emocionar, capacidad que está ya latente en la consideración de los conceptos y leyes científicas como metáforas y en el hecho de que lo que se va a narrar es una aventura del conocimiento, donde «conocimiento» ejerce aquí casi de adjetivo, siendo «aventura» lo sustantivo. La explicación racional de lo que vemos en el cielo ha requerido de tales dosis de imaginación, ha sufrido a lo largo de la historia de tantos golpes de efecto, ha desvelado tantas nuevas y maravillosas sorpresas, que la narración del relato cósmico ha acabado heredando buena parte de la capacidad para turbar, para conmover, que tiene el cielo nocturno. Pero esa capacidad para emocionar puede todavía amplificarse si se enriquece el relato de la ciencia con el de las peripecias vitales de las personas que la hicieron posible. Se trata de integrar en el relato «esa acción de las personalidades» a la que se refería Steven Weinberg, en su excelente libro *Los tres primeros minutos del universo*, cuando trataba del proceso histórico que llevó a la consolidación del Big Bang como relato oficial del cosmos: «Se trata de una rica historia para el historiador de la ciencia, llena de falsos comienzos, oportunidades perdidas, preconceptos teóricos y la acción de las personalidades».

Porque el relato del universo es, primero que nada, una historia de superación, la de nuestras propias limitaciones como especie animal no demasiado bien adaptada para comprender el mundo físico que le rodea. Aunque es arriesgado especular sobre esto, quizá no sea exagerado decir que la evolución no nos ha dotado de armas precisamente potentes para la investigación científica. Disponemos de un cerebro evolucionado apto para saciar ciertos instintos ancestra-

les, pero entre ellos no parece estar el conocimiento científico y, no digamos ya, la exploración del increíblemente complejo, rico y abstracto mundo matemático —herramienta esta esencial del relato cósmico—. Una vez oí decir a alguien que un humano escuchando un cuarteto de Brahms es bastante parecido a un pez viendo la película *Psicosis* de Hitchcock. Nuestra memoria acústica inmediata no está especialmente capacitada para retener cadencias sonoras complejas, y menos aún para reconocerlas varios minutos después agazapadas tras una variación rítmica más o menos sutil. Es, con seguridad, lo que le ocurriría a un pez delante de una pantalla: a los pocos minutos, quizá segundos, de haber visto una escena ya la habría olvidado, siendo incapaz de volver a reconocer a un personaje que lleve un rato sin aparecer por escena. Me temo que esa poca capacidad retentiva que tiene el ser humano para las complejidades melódicas también se da en lo referente a las sutilezas abstractas de un buen razonamiento matemático. La consecuencia es que nuestra limitación para reconocer esos patrones comunes en los que las matemáticas son tan ricas supone una merma seria en nuestra capacidad para desarrollarlas.

Y a un cerebro más bien romo, se une un más que limitado apoyo de los sentidos para la exploración del universo, ya sea en la escala cósmica, ya sea en la atómica. De manera que a la aventura del conocimiento se añaden los lances en pos de las mejoras tecnológicas que nos han permitido una mejor observación de cuanto nos rodea, de gran ayuda, obviamente, a la hora de establecer el relato del cosmos.

Pero a este ejemplo de superación humana hay que añadir las circunstancias sociales, históricas y particulares de los científicos que han ido componiendo, a lo largo de los siglos, el relato del cosmos. Con este añadido de peripecias vitales en toda su complejidad —triumfos y fracasos, ambiciones, soberbia, timideces, genialidades, torpezas y estupideces, grandezas, miserias...—, la aventura del conocimiento se humaniza, se desplaza del frío y aséptico contexto científico al más pasional de las emociones humanas. De esta forma, el relato del universo no solo nos permitirá una mejor comprensión de lo que vemos en el cielo, sino también de nosotros mismos. En las páginas que siguen, la propia condición humana será tan protagonista del relato como el cosmos.

## Del caos al cosmos

En cierto momento, algunos seres humanos empezaron a mirar al cielo buscando algo más que inspiración poética; desconocemos cuándo ocurrió esto, aunque sospechamos una de las razones por las que se empezó a hacer: la medida

del tiempo. Una empresa esta que nos ha obsesionado como especie, tal vez porque el paso del tiempo alimenta la vida, pero es también el fuego que la devora. Una vez que nos hicimos agricultores, la medida del tiempo cobró un nuevo interés, pues el conocimiento del ciclo solar permite sacar mayor rendimiento a los ciclos de siembra y recolección. Teniendo en cuenta que nos hicimos agricultores hace 10.000 años —por ponerlo en números redondos—, podemos suponer que fue entonces cuando empezamos a preguntarnos cómo y por qué se mueven en el cielo los personajes que lo pueblan. Desde esas fechas primitivas y hasta los tiempos en que Cervantes escribió el *Quijote*, contemplamos el cielo con el único instrumento de nuestros ojos, y ayudados solo por sextantes, cuadrantes, o astrolabios, todos ellos aparatos no ópticos para facilitar la localización de estrellas y planetas o para medir ángulos sobre la bóveda celeste. Solo hacia el año 1600 la situación empezó a cambiar, cuando Galileo Galilei miró el cielo a través de un telescopio.

Podemos pues afirmar, sin exageración, que durante los primeros casi diez milenios de observación del cielo hemos estado viendo lo mismo allá arriba. Lo que hasta entonces nos han mostrado nuestros sentidos es que vivimos sobre una sólida e inmóvil plataforma de tierra, rocas y agua, por encima de la cual se mueve a su alrededor, de este a oeste, una especie de bola ígnea, el Sol, que parece engendrar el día y la noche; en las latitudes de las regiones templadas, la altura a la que se eleva el Sol y el arco que recorre en el cielo, varía de un día para otro, aunque parece repetir el mismo patrón aproximadamente cada trescientos sesenta y pocos días. Hay otro personaje bien visible que se mueve también de este a oeste sobre nosotros: la Luna. Su andar por el cielo es, sin embargo, mucho más misterioso, especialmente porque su rostro cambia cada veintimuchos días, pasando de una tenue veladura a un brioso aunque frío brillar. Luego están las estrellas. Son incontables puntos de luz titilante que se mueven al unísono también de este a oeste, manteniendo por tanto entre ellas la misma posición, y siempre siguiendo el mismo recorrido. Similares a las estrellas en tanto puntos de luz en el cielo, pero diferentes por cuanto su andar es errante entre ellas —van cambiando su posición relativa con el resto de estrellas de noche a noche—, hay aún cinco personajes más: los planetas —planeta significa «vagabundo» o «errante» en griego—. Lo que sorprende del cielo es la regularidad de lo que allí pasa, máxime si se compara con los continuos y caóticos cambios que acontecen sobre la Tierra, donde mora la humanidad. De ahí que desde siempre hayan causado espanto y pavor los pocos cambios que de tanto en tanto se han observado en el cielo: ocultación del Sol en pleno día, o de la Luna en plena noche —lo que llamamos «eclipses»—, o la aparición de nuevos aunque efímeros personajes en forma de puntos de luz móviles —los cometas—.

A pesar de que, como escribí antes, hemos visto esencialmente lo mismo en el firmamento durante casi diez milenios, el relato que nos hemos contado para explicar lo que vemos en el cielo ha sido muy variado y cambiante a lo largo de la historia. Los relatos más frecuentes, y los más antiguos de los que tenemos noticia, apelan a lo mágico, lo religioso o lo supersticioso —valga la redundancia—. Son historias caóticas, grotescas, surrealistas —si se me permite el anacronismo—, aunque no exentas de cierta épica y, a veces, también poesía. Casi todas las culturas, desde las más primitivas a las más sofisticadas, desde las más tribales a las más cosmopolitas, han generado este tipo de relato cosmogónico que parece tener un denominador común: son relatos *ad hoc*, incapaces casi siempre de generar algún tipo de predicción sobre lo que acontecerá en el cielo, y en las contadas ocasiones en que esas predicciones se producen son por lo general desmentidas por los hechos ulteriores.

A menudo esos relatos utilizan como clave hermenéutica algo todavía más inexplicable que lo que se quiere explicar. Ese tipo de relato cosmogónico postula la existencia de entes descomunales y omnipotentes, forzudos que todo lo pueden, demiurgos todopoderosos, seres recios hechos a sí mismos y creadores de todo lo que nos rodea. Son los dioses. Lo que sorprende es que probablemente esas cosmogonías sean fruto del mismo pensamiento simbólico, articulado y lingüístico que ha acabado produciendo las más sofisticadas y racionales teorías científicas para explicar el cosmos. «El animal no humano se acurruca horrorizado ante la tormenta y el rayo —escribió Jesús Mosterín en *El pensamiento arcaico*—, pero no articula lingüísticamente su terror, no se plantea preguntas. El ser humano que ha aprendido a preguntar quién ha lanzado la piedra que acaba de golpearle en la espalda pronto preguntará también quién ha lanzado el rayo que acaba de caer en el bosque, y pronto razonará que si la piedra ha sido lanzada por un compañero enfadado con él, también el rayo habrá sido lanzado por alguien poderoso y enfadado. Y se planteará el inédito problema (o pseudoproblema) de cómo aplacar el enfado de ese misterioso personaje.»

Así debieron de preguntarse nuestros primeros ancestros quién o quiénes colocaron en el cielo esas luminarias que se mueven sobre nosotros, y como respuesta surgieron, por ejemplo, las leyendas cósmicas egipcias —con los dioses fundamentales, Osiris, Isis, Seth y Nefthis, nacidos de Cielo y Tierra—; o los mitos creacionistas asirio-babilonios —con la saga Apsú, Tiamat, Mumú, Lahmú, Lahamú, Anshar, Kishar, que dan origen a los grandes dioses que establecen el orden: Anú, Bel Marduk, Ea, etc.—; o las divinidades cósmicas hindúes de los Vedas, tan minuciosamente re-descritas en los *Upanishads*; o los vikingos Skroll y Hati, cazadores del Sol y la Luna; o el Génesis bíblico, con ese

soberbio comienzo, «En el principio, creó Dios el cielo y la tierra», o el no menos espléndido: «“Haya luz”, y hubo luz».

Y no sigo con la lista de dioses y diosas porque es casi interminable.

Hace aproximadamente dos milenios y medio, los primeros filósofos griegos introdujeron un elemento original que acabaría transformando los primitivos relatos cosmogónicos sobre el cielo en astronomía y cosmología. Por aquel entonces, la cultura griega ya tenía varios siglos de existencia. Naturalmente, disponía del correspondiente discurso mitológico sobre la creación del mundo y de un más que bien surtido panteón de dioses y diosas. Según esa mitología al inicio solo había un enorme vacío al que llamaron Caos: «¿Qué es el Caos? —escribió Jean-Pierre Vernant en *El universo, los dioses, los hombres*—. Una inmensidad vacua, negra y oscura, en la que nada se veía. Una especie de caída, de vértigo, de confusión, sin fin, sin fondo. Era un vacío impresionante como una inmensa boca siempre abierta en la que todo quedara engullido en una misma noche indiferenciada. En el origen, pues, solo existía el Caos, abismo ciego, oscuro, ilimitado». Del propio seno del caos surgió la Tierra, a la que los griegos llamaron Gea. «La Tierra ya no es ese espacio vacío —sigo citando a Vernant—, esa especie de caída oscura, ilimitada e indefinida. La Tierra posee una forma distinta, separada y precisa. A la confusión, a la tenebrosa indiferenciación del caos, se enfrenta la claridad, la firmeza, la estabilidad de Gea. Sobre la Tierra todo aparece dibujado, visible, sólido. Podríamos definir a Gea como aquello sobre lo cual los dioses, los hombres y los animales pueden caminar con soltura. Es el suelo del mundo. La Tierra constituye la base de la morada llamada el *cosmos*.»

El fermento mitológico fue el origen de la literatura oral griega, y lo encontramos en las entrañas de la *Iliada* y la *Odisea*, sus más antiguas manifestaciones conservadas. Y si es difícil exagerar la importancia que para la literatura occidental tuvieron la *Iliada* y la *Odisea*, menos aún lo es exagerar la que tuvo para el inicio del relato científico del cosmos los planteamientos racionalistas griegos, unos dos siglos posteriores estos a las obras de Homero.

Fijémonos en la palabra con la que acaba la cita anterior de Vernant: «cosmos». Ese término fue propuesto por Pitágoras —o por un pitagórico—, para referirse a un universo ordenado, armonioso y, además, entendible. Pitágoras fue uno de los creadores del pensamiento científico, en cuanto meditación racional sobre la naturaleza. Conviene recordar que el sentido de lo científico es hoy algo diferente a lo que fue en tiempos de Pitágoras, y más aún lo que se entiende por física —sobre todo por los vaivenes que sufrió en los siglos XVI y XVII—. Por contraponer esas diferencias según distintas ciencias, téngase en cuenta que el sentido de lo matemático quedó más o menos bien establecido

desde entonces, hasta el punto de que un conocido matemático del siglo xx llegó a denominar a los antiguos matemáticos griegos «esos colegas de otra universidad», cosa que ningún físico diría de Aristóteles, por más que la física aristotélica reinara en Occidente —y el cercano Oriente— durante casi dos mil años.

El elemento que añadieron los primeros filósofos griegos al relato cosmogónico es ese concepto de cosmos: universo ordenado, armonioso pero, sobre todo, entendible. Los griegos no inventaron la astronomía. Babilonios y egipcios, por citar solo dos ejemplos, ya eran entendidos en astronomía. Medían, por ejemplo, la altura de algunas constelaciones de estrellas, y se servían de su posición para determinar la época del año en que se encontraban, para tareas agrícolas o para orientarse, sobre todo en la mar. Pero, si hacemos caso de las fuentes históricas conservadas, a ningún babilonio ni a ningún egipcio se le ocurrió pensar que el movimiento de las constelaciones y los planetas en el cielo tenía que estar regido por unas leyes numéricas o geométricas.

La mitología griega no fue la primera, ni la última, en establecer un orden cosmogónico basado en lo mágico, pero sí fueron los griegos los primeros en postular la inteligibilidad y comprensión del cosmos, atribuyéndole un comportamiento regido por leyes cognoscibles y expresables en términos matemáticos. Ese fue el paso fundamental que dieron Pitágoras y otros filósofos: creyeron que detrás de los movimientos aparentemente complejos de los astros en el cielo había leyes que nosotros podíamos conocer. Y todavía más: leyes simples, elegantes, armoniosas, expresables con números y figuras geométricas. Llevamos más de dos mil quinientos años conviviendo con esa idea genial de la existencia de leyes que rigen el comportamiento de la naturaleza y todavía deberíamos ser capaces de maravillarnos con ella. De hecho, los mejores científicos de la historia no han dejado de maravillarse, y, para muestra, baste recordar una de las citas más célebres de Albert Einstein, «El mayor misterio del mundo es que resulta comprensible», y esto le generaba un cierto sentimiento religioso: «La investigación científica puede reducir la superstición, al estimular a la gente a que piense y considere las cosas en términos de causas y efectos. Es verdad que, detrás de todo trabajo científico de elevado nivel, subyace una convicción, cercana al sentimiento religioso, de la racionalidad e inteligibilidad del mundo». Esa fue, de hecho, su religión declarada: «Dentro de esta firme creencia, una creencia que está unida a un profundo sentimiento de la existencia de una mente superior que se revela en el mundo de la experiencia, se arraiga mi concepción de Dios. En un lenguaje corriente esto podría describirse como “panteísmo” (Spinoza). Las tradiciones confesionales solo me interesan desde un punto de vista histórico y psicológico, para mí no llegan a tener ninguna otra significación».

Los pitagóricos propusieron las primeras leyes que daban cuenta de las regularidades observadas en los astros que se mueven en el cielo. Es verdad que fueron leyes equivocadas, pero lo importante es que los pitagóricos señalaron un camino nuevo y fructífero, y echaron a andar por él; el reto era titánico: descubrir el relato verdadero del cosmos. Tras más de dos mil quinientos años de esfuerzos y tras varios cambios de relato, mucho hemos avanzado, aunque todavía no hemos llegado a culminarlo y quién sabe si alguna vez se culminará. Pero no adelantemos acontecimientos.

Desde los pitagóricos, y a lo largo de más o menos siete siglos, los griegos compusieron un relato soberbio sobre el cosmos. Estaba basado en la idea pitagórica, después fortalecida por Platón, de un universo regido por leyes sencillas, junto con la aplicación de lo que podríamos llamar el sentido común, esto es, cierta fidelidad a la información que la vista y los otros sentidos nos proporcionan sobre la naturaleza. Siguiendo este último precepto, los griegos separaron el cosmos en dos regiones, la terrenal y la celeste, porque precisamente eso es lo que vemos. La Tierra es la región del cambio: continuamente observamos cosas que nacen, se desarrollan y mueren, ya sean árboles, animales, tormentas o volcanes. Los movimientos observados en la Tierra son inconstantes, incluso caóticos a menudo, como el de un barco azotado en la mar por un vendaval, como el de los ciervos huyendo de las fauces del lobo, como el de un bloque de piedra cayendo por la empinada ladera de un monte y destrozando árboles y cabañas en su caída. Por contra, de la atmósfera hacia arriba todo es orden y regularidad. Así pues, los griegos establecieron unas leyes para la Tierra y otras para el cielo, entendiendo que la Tierra no es parte del cielo, no es un planeta, sino la atalaya desde la que los humanos observamos el cosmos. Esto es lo que nos dicen los sentidos: la Tierra está quieta, no la sentimos moverse, como en cambio sí vemos moverse al Sol, la Luna y las estrellas.

Para explicar los cambios en la Tierra los griegos diseñaron la doctrina de los cuatro elementos. Fue acuñada originariamente por Empédocles, a quien Bertrand Russell describió como: «La mezcla de filósofo, profeta, hombre de ciencia y charlatán que ya encontramos en Pitágoras se manifiesta mejor en Empédocles, que vivió alrededor del 440 a.C.»; y después sigue: «La leyenda tiene mucho que contar de Empédocles. Se dice que verificaba milagros o lo que a ellos se parecía; a veces por medios mágicos, otras por sus conocimientos científicos. Sabía controlar los vientos según nos cuentan; devolvió la vida a una mujer que parecía muerta hacía ya treinta días y, finalmente, por lo visto, murió por saltar al cráter del Etna para demostrar que era un dios». La doctrina de los cuatro elementos fue después afinada por Aristóteles —a la que dedicó varios capítulos en su libro *Física*—.



Simplificando, la doctrina establecía la existencia de cuatro elementos: fuego, tierra, aire y agua, sobre los que actúan dos principios, el amor, que los une, y el odio, que los separa; los cuatro elementos mezclados en distintas proporciones producen todas las sustancias complejas que hay en la Tierra. Cada uno de los elementos tenía su sitio natural; por ejemplo, el elemento tierra el centro del universo —que coincidía con el centro de la Tierra—, mientras que el lugar natural del fuego se situaba por encima de la Tierra y del aire en la atmósfera. Eso explica por qué los objetos más pesados caen: están compuestos mayormente por tierra y esta tiende a buscar su lugar natural; por la misma razón las llamas ascienden del fuego hacia la atmósfera, al igual que las burbujas de aire ascienden también en el agua. Estas regiones están magistralmente descritas en el episodio de Clavileño del *Quijote*, el caballo mágico de madera que debía llevarle a las tierras del gigante Malambruno a desfacer el entuerto de las dueñas barbudas: «Sin duda alguna, Sancho, que ya debemos de llegar a la segunda región del aire, adonde se engendra el granizo y las nieves; los truenos, los relámpagos y los rayos se engendran en la tercera región; y si es que desta manera vamos subiendo, presto daremos en la región del fuego, y no sé yo cómo templar esta clavija para que no subamos donde nos abrasemos».

Además, la doctrina establece que, a mayor cantidad de tierra, mayor rapidez de la caída, por lo que un trozo de corcho caerá más lentamente que un trozo de hierro, o una bola de hierro de un kilo más lentamente que una de cinco kilos. En esta explicación, caer y subir son en términos absolutos: independientemente de donde estén caen hacia el centro absoluto e inmóvil del universo que es el centro de la Tierra, y suben siempre hacia la periferia alejándose del centro. Como se puede comprobar, para la física terrestre griega era esencial que la Tierra estuviera inmóvil sobre el centro del cosmos.

Este tipo de comportamiento animista de la materia, moviéndose por simpatías buscando lugares naturales, nos suena hoy extraño, máxime cuando soporta muy mal la prueba experimental, pues no es difícil comprobar que una bola de corcho y una de hierro caen con la misma velocidad —si eliminamos la resistencia del aire—. En eso difería la ciencia griega de la moderna originada en el siglo xvii: la ciencia griega daba toda la relevancia a la construcción teórico-mental y casi ninguna o ninguna a los experimentos. En cierta forma, eso era herencia de las soflamas platónicas que otorgaban todo el prestigio a la actividad mental —lo teórico— y poco o nada a la habilidad manual —fundamental en el experimento—. Dicho en otras palabras, la física griega era más una construcción filosófica que física. Con todo, la física aristotélica aguantó más o menos incólume durante casi dos mil años —más que ninguna otra teoría física— hasta que fuera barrida por Galileo, Descartes y Newton en el siglo xvii.