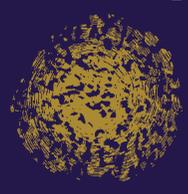


JOHNJOE
MCFADDEN



LA

VIDA



ES



SIMPLE



LA **NAVAJA DE OCCAM** Y LA NUEVA
HISTORIA DE LA CIENCIA Y EL UNIVERSO

PAIDÓS

JOHNJOE MCFADDEN

LA VIDA ES SIMPLE

La navaja de Occam y la nueva historia de la ciencia y el universo

PAIDÓS Contextos

Título original: *Life is simple*, de Johnjoe McFadden
Publicado originalmente en inglés por Basic Books London, un sello editorial de John Murray Press

1.^a edición, septiembre de 2022

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 este 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). Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Johnjoe McFadden Limited, 2021
© de la traducción, Fernando Borrajo Castanedo, 2022
© de todas las ediciones en castellano,
Editorial Planeta, S. A., 2022
Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona, España
www.paidos.com
www.planetadelibros.com

ISBN 978-84-493-3976-9
Maquetación: Realización Planeta
Depósito legal: B. 11.375-2022
Impresión y encuadernación en Limpergraf, S. L.

Impreso en España – *Printed in Spain*



SUMARIO

Introducción	9
------------------------	---

PRIMERA PARTE. EL DESCUBRIMIENTO

1. Sobre sabios y herejes	21
2. La física de Dios	39
3. La navaja	53
4. ¿Son realmente sencillos los derechos?	69
5. La leña	81
6. El interregno	95

SEGUNDA PARTE. LA DESCODIFICACIÓN

7. El cosmos, heliocéntrico pero hermético	115
8. Las esferas se rompen	127
9. Bajando la sencillez a la Tierra	151
10. Átomos y espíritus conscientes	165
11. El concepto de movimiento	187
12. Hacer que el movimiento funcione	199

TERCERA PARTE. LA NAVAJA (OCCAMISTA) DE LA VIDA

13. La chispa de la vida	213
14. El rumbo de la vida	235
15. Sobre guisantes, primulas, moscas y roedores ciegos	261

CUARTA PARTE. LA NAVAJA CÓSMICA

16. ¿El mejor de los mundos posibles?	279
17. Un cuanto de sencillez.	293
18. Abrir la navaja	309
19. ¿El más sencillo de todos los mundos posibles?	323
Epílogo	347
Agradecimientos.	351
Créditos de las figuras	353
Notas.	355
Índice onomástico y de materias	373

Sobre sabios y herejes

Encontré un gran número de cosas heréticas, erróneas, absurdas, ridículas, fantásticas, disparatadas, difamatorias, contradictorias y también claramente adversas a la fe ortodoxa, a las buenas costumbres, a la razón natural, a la experiencia cierta y a la caridad fraterna. He decidido incluir aquí algunas de ellas.

GUILLERMO DE OCCAM,
«Carta a los frailes menores», 1334¹

HUIDA

La noche del 26 de mayo de 1328, tres frailes, tonsurados y ataviados con el hábito gris de los franciscanos, salieron a hurtadillas de la ciudad papal de Aviñón y cabalgaron en dirección sur hacia el puerto fluvial de Aigues-Mortes, situado a unos noventa y cinco kilómetros al noroeste de Marsella. El primero era Miguel de Cesena, ministro general de la orden franciscana y custodio de su sello. El segundo era Bonagracia de Bérgamo, procurador principal de los franciscanos. Ambos eran viejos conocidos de príncipes y papas, pues habían visitado diversas cortes europeas en representación de su orden. El tercer fugitivo, de unos cuarenta años y complexión delgada, no era otro que el teólogo inglés Guillermo de Occam. Aunque era unos diez años más joven que sus hermanos, las peligrosas ideas de Guillermo le ha-

bían proporcionado gran notoriedad (y una acusación de herejía). Los tres religiosos huían de la justicia tras haber acusado al papa de hereje. Si los apresaban, se enfrentarían a la excomunión, la cárcel o incluso a una muerte lenta y cruel en la hoguera.

El grupo viajaba con una escolta de «sirvientes bien armados».* En Aigues-Mortes los esperaba «Giovanni Gentile, ciudadano de Savona y capitán de una galera»² anclada en el puerto. Aquellas embarcaciones —bajas, alargadas y de forma similar a una góndola veneciana, aunque más grandes y provistas tanto de velas como de una hilera de remos— podían navegar por los ríos y las aguas poco profundas, por lo que eran muy utilizadas para el transporte de mercancías entre los puertos del norte del Mediterráneo. Los frailes probablemente se sintieron aliviados al embarcar en la galera y estarían deseando zarpar, pero el mal tiempo y las mareas adversas frustraron su huida.

Las autoridades de Aviñón descubrieron la huida y enviaron un pelotón de soldados pontificios para apresar a los fugitivos. Encabezada por el señor de Arrabley y «acompañada de un gran número de servidores del rey y del papa», la tropa encargada del arresto llegó al puerto en plena noche, cuando los franciscanos se encontraban a bordo de la galera. Arrabley exigió al capitán que entregara a los frailes. Gentile se mostró colaborador e invitó al señor de Arrabley a subir a bordo. El enviado papal arrestó solemnemente a los franciscanos y amenazó a Gentile con «las más duras penas» si se negaba a entregarlos. Ambos caballeros acordaron poner a los franciscanos en manos de las autoridades papales. Pero, en cuanto Arrabley hubo desembarcado, y todavía al amparo de la noche, «el capitán desplegó las velas y zarpó sin ser notado».

Los aterrorizados franciscanos debieron de respirar aliviados al ver alejarse en la oscuridad a las decepcionadas huestes pontificias. Sin embargo, su alegría fue efímera porque, tras haber «navegado más de treinta leguas río abajo» (en aquella época el puerto estaba muy lejos del mar), «la providencia divina hizo soplar un viento contrario que los empujó otra vez aguas arriba, obligando a Gentile a buscar

* Este documento lo descubrió hace unas décadas en los archivos vaticanos George Knysch, quien amablemente facilitó una «traducción preliminar» del texto latino. Las citas tomadas directamente de la traducción se indican entre comillas.

refugio en un lugar que estaba otra vez al alcance de las tropas del papa. Entonces se reanudaron las negociaciones para la entrega de los franciscanos, que permanecieron a bordo durante varios días «muertos de miedo». Sin embargo, parece que el astuto capitán solo estaba intentando ganar tiempo porque, cuando las condiciones meteorológicas cambiaron, botó nuevamente la embarcación y alcanzó mar abierto, donde salió a su encuentro «una gran galera de guerra savonesa, capitaneada por un tal “Li Pelez”», aliado de Luis de Baviera, el nuevo emperador del Sacro Imperio. Gentile trasbordó a los fugitivos al otro barco y el viernes 3 de junio la galera de guerra quedó fuera del alcance del furibundo papa. Guillermo vivió para contarlos, pero, por lo que sabemos, no regresó jamás a Francia ni a su Inglaterra natal.

El relato histórico de la evasión de los franciscanos se interrumpe tras la fuga de Aigues-Mortes. Sin embargo, para hacernos una idea del tipo de viaje que debieron de hacer Guillermo y sus compañeros nos fijaremos en la narración de la huida de Jean de Joinville (en el mismo puerto), quien acompañó a Luis IX durante la séptima cruzada en 1248:

Cuando los caballos subieron a bordo, nuestro capitán llamó a los marineros que estaban en la proa y les preguntó «¿estáis listos?», y ellos respondieron «sí, mi capitán». «Entonces, que vengan aquí los escribanos y los curas.» En cuanto estos se presentaron, el patrón les dijo «¡cantad, por amor de Dios!», y todos cantaron al unísono «*veni creator spiritus*». Luego les gritó a los marineros «¡desplegad las velas, por amor de Dios!», y estos las desplegaron. Al cabo de poco tiempo el viento nos había alejado de la costa, por lo que ya no veíamos más que cielo y agua [...]. Y estas cosas os las cuento para que comprendáis cuán temerario es el hombre que se atreve [...] a ponerse en peligro de muerte, ya que, cuando te echas a dormir en el barco por la noche, te acuestas sin saber si por la mañana estarás en el fondo del mar.³

Entonces, ¿por qué eran tan peligrosas las ideas de Guillermo? ¿Por qué se tomó el papa tantas molestias para intentar apresarlos? Para comprender esta cuestión debemos entrar en la arcaica mentalidad del mundo medieval.

Guillermo nació hacia 1288 en Ockham, una aldea del condado de Surrey, situada a un día de camino al suroeste de Londres. El único registro que tenemos es la inscripción de la aldea en el Domesday Book (el censo de entonces), redactado en 1086, esto es, veinte años antes de que los normandos conquistaran Inglaterra y doscientos años antes de que naciera Guillermo. Eso puede parecer mucho tiempo, pero, tras la agitación que se produjo inmediatamente después de la conquista, los cambios en la Inglaterra medieval eran mucho más lentos que hoy y, por lo que sabemos, Ockham siguió siendo el mismo insignificante caserío o aldea que el asentamiento descrito con su nombre anglosajón de Bocheham. En el lugar había pastos para veintiséis vacas, árboles que daban bellotas con que alimentar a cuarenta cerdos, tierras para mantener a veinte familias y un molino. Probablemente el rasgo más arcaico de la relación del Domesday Book sea la descripción de los habitantes de la aldea: «treinta y dos villanos y cuatro minifundistas [...] tres siervos». Todos estos labradores eran poco menos que esclavos que trabajaban sin sueldo para su señor y podían ser comprados y vendidos con la heredad. No se nombra a ninguno de los habitantes, salvo a un hombre libre llamado Gundrid. El caserío entero estaba valorado en quince libras, que es aproximadamente ocho veces más de lo que ganaba un jornalero al cabo del año.

El primer hecho concreto que conocemos sobre la vida de Guillermo es que fue entregado a la orden franciscana cuando tenía unos once años. Esa práctica era relativamente habitual entre las familias aristocráticas, pero hay razones para suponer que Guillermo no era de ascendencia noble. En primer lugar, el hecho de que no haya ningún registro de su familia sugiere que esta era de origen humilde. En segundo lugar, no hay constancia de la presencia de nobles en el censo de Ockham ni en relatos posteriores. Los monasterios también hacían las veces de hospicios para niños expósitos, así que lo más probable es que Guillermo fuese un huérfano abandonado.

Había varias comunidades franciscanas en localidades próximas a Ockham, como por ejemplo Guildford y Chertsey. Es probable que Guillermo pasara sus primeros años en una de ellas. Cuando era todavía un niño, los frailes debieron de cortarle el pelo y ponerle el hábito

gris con capucha típico de la orden franciscana.* Como oblato (una especie de aprendiz de fraile), Guillermo probablemente estaba sometido al estricto reglamento de la vida monástica. La jornada comenzaba a las seis de la mañana con los maitines, seguidos del oficio divino y el canto de salmos, antes de comenzar las clases. Con aquella educación primaria se pretendía que los niños cumplieran con su deber primordial, que no era otro que leer rezos y cantar salmos. El método de enseñanza consistía en memorizar y cantar determinados pasajes. Durante aquella etapa de su aprendizaje, no se esperaba que los niños comprendieran el latín de los cantos u oraciones. Como confiesa aquel niño en «El cuento de la priora», de Chaucer: «Aprendo a cantar; poco sé de gramática».

Durante los primeros años en el monasterio, a Guillermo debieron de enseñarle a leer la Biblia y las vidas de los santos, así como algunas nociones de aritmética. Los libros eran muy escasos, de modo que durante las clases el maestro probablemente dictaba de memoria algunos pasajes que los alumnos copiaban con un estilo en tablillas encajadas. La disciplina se imponía con dureza en un entorno quizá no muy diferente del que preconizaba san Benigno de Dijon, quien ordenó que «si los jóvenes cometen un error [...] no hay que dudar en obligarlos a despojarse del hábito y la capucha y azotarlos directamente sobre la camisa».⁴ Guillermo no solo sobrevivió a aquellas penalidades, sino que impresionó a sus superiores de tal manera que, hacia 1305, cuando tenía unos veinte años, los monjes lo enviaron al colegio, o *studium generale*, más cercano, que era el de los Greyfriars de Newgate, en la ciudad de Londres, para que recibiera la educación secundaria.

Newgate era un barrio situado en el extremo sureste de Londres, junto a una de las siete puertas de las murallas. Está a un día de camino

* Un fraile es un miembro de una de las órdenes mendicantes fundadas sobre todo en los siglos XII y XIII (carmelitas, franciscanos, dominicos y agustinos). El hábito de los franciscanos modernos es de color marrón, pero se cree que en Inglaterra los llaman «frailes grises» por la indumentaria de los primeros franciscanos (como la que probablemente llevaban Guillermo y sus compañeros), que vestían túnicas de lana sin teñir que se volvían grises con el uso. Los frailes se distinguían de los monjes, al menos al principio, por la adopción de un estilo de vida ermitaño e itinerante, pero en el siglo XIV casi todos vivían en monasterios.

(a caballo) al norte de Ockham o Guildford; o, más bien, a varios días a pie. El monasterio, que era el más antiguo y el más grande de Inglaterra, daba cobijo a más de cien frailes y estaba cerca del bullicioso mercado de la carne de Newgate. Podemos imaginarnos al joven novicio abriéndose paso a codazos entre la multitud en las resbaladizas y estrechas callejuelas en las que se amalgamaban todo tipo de ruidos y olores y que tenían nombres como Vejiga o Matadero, y esquivando a hombres y niños que transportaban los cadáveres ensangrentados de vacas, cerdos y ovejas, y los cubos de sangre cocida con la que se preparaban las morcillas que luego se vendían en la cercana Pudding Lane. Probablemente sentía un gran alivio cuando por fin franqueaba las puertas de madera y volvía al relativo aislamiento y sosiego del convento.

En tanto que *studium generale*, Greyfriars era una institución a medio camino entre la escuela y la universidad, un establecimiento en el que los jóvenes ambiciosos podían estudiar durante varios años para obtener un título, y, si sobresalían en las materias que les enseñaban, profundizar en el estudio de la teología. Fue allí donde Guillermo empezó a preparar las disciplinas que constituían la enseñanza en la Edad Media, esto es, el trivio (gramática, retórica y dialéctica) y luego el cuadrivio (aritmética, geometría, música y astronomía).

Sin embargo, lo que sentía Guillermo entre aquellas paredes de piedra, junto a unos compañeros con la cabeza tonsurada y vestidos con hábitos grises, al escuchar las disertaciones de sus maestros sobre lógica, aritmética, geometría o astronomía debía de ser muy distinto de lo que siente un estudiante moderno. Para empezar, la mayoría de los textos esenciales tenían cientos, si no miles, de años de antigüedad.

LA SATURACIÓN DEL COSMOS ANTES DE LA NAVAJA DE OCCAM

Parecíame que se extendiese sobre nosotros una nube lúcida, densa, sólida y bruñida, como un diamante herido por los rayos del Sol. La eterna margarita nos recibió dentro de sí, como el agua que, permaneciendo unida, recibe un rayo de luz. [...] Así como a través de cristales tersos y transparentes o de aguas nítidas y tranquilas, aunque no tan profundas que se oscurezca el fondo,

llegan a nuestra vista las imágenes tan debilitadas, que una perla en una frente blanca no la distinguirían más débilmente nuestros ojos, así vi yo muchos rostros prontos a hablarme [...].

DANTE, *La divina comedia*, «La esfera de la Luna»

Antes de nada debo señalar que en la Edad Media no existía el término *ciencia* tal como lo entendemos ahora. Esta palabra procede del latín *scientia*, que significa «conocimiento». Sin embargo, los sabios medievales identificaban *scientia* con los conocimientos que damos por seguros, como la redondez de la Luna o el hecho de que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos. Eso era muy distinto de las cuestiones opinables, como quién era mejor poeta, si Dante o Chaucer, o qué pecado era más grave, si el robo o el adulterio. Pero, a diferencia de la ciencia actual, la *scientia* medieval se ocupaba también de las «verdades teológicas» que se tenían por incuestionables, como la existencia del cielo y el infierno.

Teniendo en cuenta esta aclaración, los primeros textos «científicos» que estudió Guillermo en Greyfriars fueron diversos comentarios de sabios griegos como Euclides (sobre matemáticas) y Aristóteles (sobre casi todo lo demás) de los siglos III y IV a. C., y de sabios romanos como Boecio, de los siglos V-VI d. C. En aquella época, Aristóteles era la máxima autoridad en la materia, y Guillermo probablemente estudió su *Física*, *Sobre los animales*, *Sobre el cielo* y *Del universo*, *Acerca de la generación y la corrupción* y *Meteorología*, libros I y IV. Entre los comentarios seguramente estaba el *Tractatus de Sphaera*, escrito hacia 1230 por Johannes de Sacrobosco, que presentaba un ameno resumen de la astronomía de Aristóteles y de otros filósofos griegos posteriores, como Ptolomeo. El libro de Sacrobosco influyó en gran medida en el arte y la literatura medievales, dejando su huella incluso en el poema más importante de la Edad Media, *La divina comedia* de Dante.

Dante escribió *La divina comedia* entre 1308 y 1320, mientras Guillermo estudiaba en Londres. La *Comedia* está llena de elementos extraídos del *Tractatus de Sphaera* y de aspectos tomados de otros sabios

medievales como Rogerio Bacon y Roberto Grosseteste,⁵ cuyas obras es muy probable que Guillermo también conociera, así como de muchos otros componentes salidos de la fecunda imaginación del poeta. Aunque es muy poco realista, el poema ejemplifica lo entrelazadas que estaban la teología y la *scientia* en la filosofía medieval⁶ y es, por tanto, un buen punto de partida para nuestro análisis del papel de la navaja de Occam en el progreso de la ciencia.

En su poema épico, Dante nos guía por las distintas regiones del universo medieval. El recorrido comienza en la tierra, desde donde el poeta desciende al infierno y luego visita el purgatorio.* Al final Dante sube al cielo acompañado del espíritu de Beatriz, su amor de juventud. Luego Beatriz guía a Dante por los diez cielos, donde ambos recorren las esferas del Sol, de la Luna (citada al comienzo de esta sección) y de los planetas Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. El material «adamantino» que aparece en el pasaje es un orbe rotatorio de cristal transparente al que supuestamente estaba amarrada la Luna (la «perla eterna»). Las rotaciones de la esfera lunar trasportaban la Luna alrededor de la Tierra en su recorrido mensual. De manera similar, unas esferas de cristal hacían girar en sus órbitas geocéntricas al Sol y a cada uno de los planetas. En la esfera más baja, la de la Luna, es donde Dante encuentra a algunos de los habitantes sobrenaturales del cielo, esto es, los «rostros» de las almas de los bienaventurados.

El paraíso de Dante es un espacio claramente físico, pero ¿es ciencia o teología? Es ambas cosas. Allí abundan las almas y los ángeles, pero también las preguntas que hoy calificaríamos de científicas. Por ejemplo, durante su periplo, Dante y Beatriz entablan una larga discusión sobre las posibles causas de las manchas oscuras de la Luna. Esa era una cuestión muy debatida entre los sabios del mundo antiguo y medieval porque la Luna, siendo un habitante del cielo, debía ser inmaculada. Algunos afirmaban que las manchas eran las impurezas que dejaban los pecados de los hombres; Beatriz plantea y luego descarta otra posibilidad: que en la Luna tal vez haya regiones transparentes. Tanto la ciencia como la teología forman parte de la *scientia* del cosmos medieval.

* En la doctrina católica, lugar en el que las almas de los pecadores que se han librado del infierno deben expiar sus culpas antes de subir a los cielos.

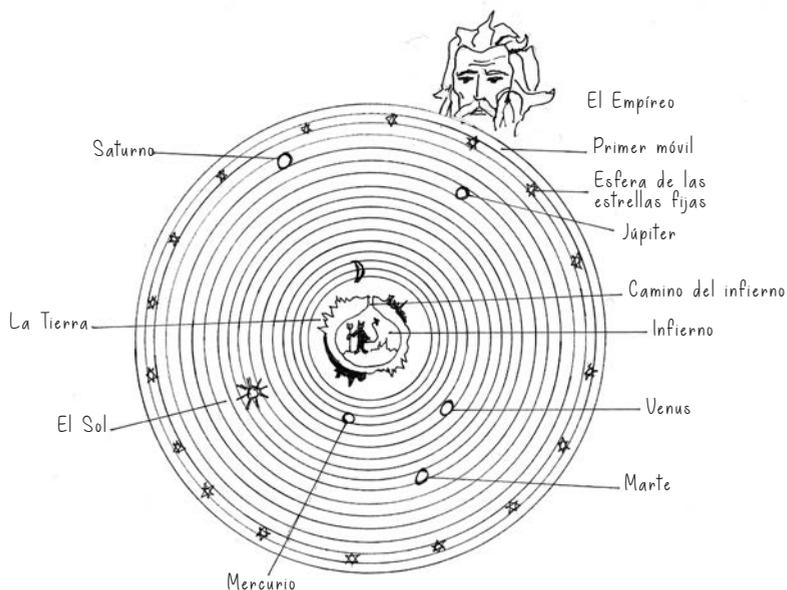


Figura 3. El cosmos medieval.

Dante siguió ascendiendo y recorrió las cinco esferas planetarias antes de visitar la esfera celestial que mantenía las estrellas fijas en su órbita diaria. Hubo mucha discusión sobre la naturaleza de las estrellas, pues no estaba claro si eran, por ejemplo, cuerpos esféricos unidos a su esfera correspondiente o tal vez pequeños agujeros a través de los cuales brillaba la luz divina. Más allá de la esfera celeste se encontraba el cielo más alto o *primum mobile* (primer móvil), cuya única finalidad, nos explica Beatriz, es impulsar las esferas interiores que transportan las estrellas y los orbes. Más allá de esta se encuentra la morada de Dios y de los santos.

Hay que señalar que la astronomía de Sacrobosco no incluye ángeles ni menciona de manera explícita la teología, pues se basa en gran medida en la astronomía de Aristóteles. Pero, en la Edad Media, la mayoría de las personas que estudiaban a Aristóteles eran teólogos que buscaban la forma de integrar la astronomía aristotélica en su concepción del cielo cristiano, como se observa en sus comentarios. El poema de Dante nos permite vislumbrar el firmamento que estudió Guillermo, pero también aquello que las personas instruidas creían ver en el cielo nocturno. Muy lejos de nuestra idea de un cielo lleno de

esferas sólidas o gaseosas, separadas por inmensos espacios vacíos, el hombre medieval veía las paredes del cielo adornadas con el Sol, la Luna y las estrellas. Si hubiera podido, como Dante, ascender a las alturas y desenvolver el firmamento, entonces habría esperado ver, junto a los ángeles y a los santos, el rostro de Dios.

El universo medieval era, por tanto, una curiosa amalgama de astronomía griega y teología cristiana. Los elementos teológicos componían un batiburrillo en el que se mezclaba la Biblia hebrea con los escritos de los teólogos cristianos. Para comprender los orígenes de sus fundamentos científicos tenemos que alejarnos de Newgate y retroceder en el tiempo hasta la antigua Mesopotamia.

LOS ORBES

Si miras al cielo durante una noche despejada, verás unos dos mil astros. También verás la Luna y hasta cinco planetas. La Luna es fácil de identificar. Pero ¿cuántos de esos dos mil cuerpos celestes son planetas?

Un habitante de la antigua Babilonia (1800-600 a. C.) habría podido darte una respuesta. En las cálidas noches de verano, los babilonios dormían en las azoteas y por tanto estaban familiarizados con los movimientos del cielo nocturno. Desde niños aprendían a reconocer las constelaciones formadas por las aproximadamente dos mil *estrellas fijas* que giraban en círculos perfectos alrededor de un punto señalado por la Estrella Polar. Pero también veían cinco astros que no centelleaban ni seguían trayectorias circulares, sino que vagaban por una amplia franja de constelaciones que se conocía como Zodiaco. Por su itinerancia se les dio el nombre de estrellas errantes, o *planētēs* en griego.

Lo que más intrigaba a los astrónomos antiguos era el movimiento de los planetas. Como era habitual en aquel entonces, estos hacían una distinción entre objetos animados e inanimados. Creían que los objetos inanimados permanecían estáticos si no recibían un impulso, en tanto que los objetos animados tenían el movimiento propio que les confería un alma sobrenatural. Puesto que los cuerpos celestes se desplazaban erráticamente por el cielo sin la presencia de ningún impul-

sor visible, los babilonios, como casi todos los pueblos de la Antigüedad, creían que los astros, al igual que nosotros, recibían el aliento de agentes o almas sobrenaturales. El carro del dios Nabu tiraba del planeta que llamamos Mercurio. De manera similar, Ištar, Nergal, Marduk y Ninurta guiaban los planetas que hoy conocemos como Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Para que el Sol y la Luna tuvieran su propia fuerza motriz, los babilonios los enganchaban respectivamente a los carros de los dioses Sin y Šamaš.* Los siete días de la semana llevaban los nombres de los cinco planetas visibles más el Sol y la Luna. Para asignar un dios a cada estrella fija habrían hecho falta muchísimas divinidades, de modo que los babilonios optaron por una solución más sencilla, que consistía en fijarlas a una concha cosmológica que giraba diariamente de este a oeste alrededor de la Estrella Polar.

Ese cosmos plagado de divinidades nos resulta pintoresco hoy en día, pero, en ausencia de conocimientos sobre la gravitación universal, los dioses tenían que encargarse de todo en el cielo. Como veremos más adelante, la ciencia no consiste en encontrar una verdad irrefutable, sino en construir hipótesis o modelos que nos sirvan para hacer predicciones útiles. El modelo celestial de los babilonios cumplía bastante bien su principal objetivo, que no era otro que poner a disposición de los astrónomos y astrólogos un calendario que les permitiera predecir cuáles iban a ser los mejores momentos para la siembra, la cosecha, el matrimonio o la guerra.

LAS ESFERAS

Babilonia cayó en manos del imperio persa aqueménida en el año 539 a. C., pero su astronomía sobrevivió al otro lado del Egeo, siendo recuperada por los astrónomos griegos, quienes reemplazaron el panteón babilónico por sus propias divinidades, como Afrodita o Ares. Sin embargo, los griegos de mentalidad más filosófica, como Anaxímenes de Mileto (585-528 a. C.), prescindieron de los dioses, al menos en el cielo, sustituyendo la energía divina por una serie concéntrica de

* La mayoría de los pueblos antiguos no establecían ninguna diferencia entre los cinco planetas visibles, por un lado, y el Sol y la Luna, por otro: todos eran «planetas».

esferas mecánicas cuyas rotaciones impulsaban la Luna, el Sol, los planetas y las estrellas alrededor de la Tierra y de un extremo al otro del firmamento. Para resolver el problema de la invisibilidad de las esferas, Anaxímenes propuso un planteamiento que trajo de cabeza a la ciencia premoderna: inventó un ente que aclaraba la falta de explicación. Sugirió que las esferas celestes estaban formadas de un elemento cristalino y transparente: el éter o quinta esencia.

No había, claro está, evidencia alguna ni de las esferas ni del éter; pero, en el mundo antiguo, estos eran una sencilla manera de explicar los movimientos celestes porque con solo dos entes se reemplazaba todo un panteón. Sin embargo, su presunta existencia animó a místicos, filósofos, astrólogos y astrónomos a inventar nuevos entes durante milenios. Pitágoras (c. 570-c. 495 a. C.), nacido en la isla de Samos, afirmaba que la rotación de las esferas producía una música planetaria que solo los oídos muy afinados podían percibir. Mil años después de Anaxímenes, los alquimistas pretendían extraer de sus pociones la quinta esencia, mientras que dos mil años después de Pitágoras, los compositores seguían escribiendo *música de las esferas*. Los entes pueden llegar a ser superfluos, pero suelen ser bastante duraderos.

Las esferas de cristal, aunque eran adecuadas para el Sol, la Luna o las estrellas fijas que describían círculos perfectos en el cielo todos los días, suponían sin embargo un problema al intentar explicar el movimiento de aquellos planetas errantes. Aparte de que sus trayectorias no eran circulares y de que giraban de este a oeste junto con las estrellas



Figura 4. Posición de Marte sobre un fondo de estrellas en noches consecutivas.

fijas, a menudo cambiaban de rumbo, realizando lo que hoy denominamos un movimiento retrógrado, para desplazarse de oeste a este. Esto no habría supuesto un problema en el caso de los planetas babilónicos, cuya trayectoria dependía del capricho de los dioses, pero ¿cómo se consigue desviar un objeto en la superficie de una esfera rotatoria?

El filósofo más eminente del mundo antiguo creía tener la respuesta. Platón nació hacia el año 428 a. C. en el seno de una acaudalada familia ateniense. Fue seguidor de Sócrates y, tras la ejecución de este, fundó la primera escuela de filosofía, la famosa Academia de Atenas. Allí impartió numerosas clases y escribió extensamente sobre filosofía, arte, política, ética y ciencia, en especial con relación a las matemáticas y la astronomía pitagóricas. Su idea más influyente, la que modificó el curso de la cultura europea, fue la teoría de las Formas,* que dio lugar al realismo filosófico.

El realismo platónico abarca todos los aspectos de la experiencia, pero es más fácil de explicar atendiendo a la naturaleza de los objetos matemáticos y geométricos, como los círculos. Platón se preguntaba qué es un círculo. Si se ponía un ejemplo concreto, grabado en la piedra o dibujado en la arena, Platón replicaba que, si se fijaba uno bien, veía que ni ese ni ningún círculo físico era perfecto. Todos los círculos tienen salientes u otras imperfecciones, y todos están sujetos al cambio y al deterioro con el paso del tiempo. Entonces, ¿por qué hablamos de círculos si en realidad no existen?

El problema no se limita a los objetos geométricos, sino que se presenta en cada una de las palabras con que designamos cualquier clase de objetos o conceptos, como por ejemplo piedras, arena, gatos, peces, amor, justicia, ley, nobleza, etc. Los ejemplos individuales son diferentes entre sí y ninguno de ellos corresponde a la idea de gato, piedra o nobleza; sin embargo, nos es fácil reconocerlos y hablar de ellos. Así pues, ¿con qué los estamos comparando para identificarlos como círculos, piedras, peces o gatos?

La curiosa respuesta de Platón fue que el mundo que vemos es un pálido reflejo de una realidad más profunda, la de las formas o *universales*, en la que unos gatos perfectos persiguen a ratones perfectos en círculos perfectos alrededor de piedras perfectas vigiladas por nobles

* Se habla de Formas en mayúscula cuando se refiere a la entidad filosófica.

perfectos. Platón creía que las formas o universales son la verdadera realidad que existe en un mundo (invisible pero perfecto) que no está al alcance de los sentidos. Su sistema recibe a veces el nombre de *realismo filosófico* para indicar que Platón (y sus discípulos) creía que las formas o universales no solo son reales, sino que además constituyen la realidad absoluta en la que se origina nuestra percepción sensorial.*

Platón ilustró gráficamente su modelo en la famosa alegoría de la caverna, en la que comparó la experiencia humana con la de unos hombres encadenados que miraban a la pared de una cueva iluminada por una hoguera. Los objetos reales (similares a las «formas») van pasando entre ellos y la hoguera, pero los moradores de la caverna solo ven las sombras que se proyectan en la pared. Están convencidos de que esas sombras son el mundo real y desconocen la existencia de otra realidad más profunda y completa, pues no pueden girar la cabeza para mirar hacia ella. Platón hace hincapié en que el verdadero mundo de las formas no puede percibirse con los sentidos, sino solo con la inteligencia. Dice el filósofo que «cada cual tiene en su alma la facultad de aprender mediante un órgano destinado a este fin; que todo el secreto consiste en llevar este órgano, y con él el alma toda, de la vista de lo que nace a la contemplación de lo que es, hasta que pueda fijar la mirada en lo más luminoso que hay en el ser mismo, es decir, según nuestra doctrina, en el Bien».⁷

Nadie sabe dónde se encontraba ese mundo de las formas perfectas, pero en su *Fedro* estaba situado «más allá del cielo». Como pobladores del reino celestial, los planetas tenían que ser perfectos en todos los sentidos y por tanto debían ser capaces de recorrer trayectorias perfectamente circulares a una velocidad constante. Si los sentidos desmentían esa afirmación era porque desde la caverna no era posible observar las cosas con claridad. Platón instó a sus discípulos a que prescindieran de la lente distorsionada de los sentidos y a que utilizaran en cambio el entendimiento para descubrir los «movimientos circulares, constantes [en cuanto a velocidad] y perfectamente regulares, [que] cabe admitir como hipótesis para que sea posible conservar la apariencia exterior de los planetas».⁸ Así pues, *conservar la apariencia*

* Que no hay que confundir con el hecho de ser realista en el sentido de práctico y sensato.

de los planetas, como se dio en llamar a esta búsqueda, se convirtió en la misión principal de los astrónomos durante más de dos mil años.

El primero en aceptar el reto de conservar la apariencia de los cielos fue un discípulo de Platón, Eudoxo de Cnido (410-347 a. C.), quien, siguiendo un modelo que nos resultará familiar, añadió más esferas. Imagínate que estás en la caverna de Platón, que se encuentra en el centro de una versión simplificada del modelo de Eudoxo, consistente en una sola esfera, que representaremos en la Figura 5 como una sección alargada (en forma de cinta) de la esfera de cristal (pero sin olvidar que Eudoxo imaginó una esfera completa). En algún lugar del interior de la cinta hay una luz brillante, a la que llamaremos el Planeta. Ahora imaginemos que observamos solo la luz mientras la cinta gira, y lo que veremos es que el Planeta describe una trayectoria perfectamente circular. Imaginemos también que colocamos una esfera de cristal completa en el interior de la cinta, de manera que esta y la esfera sean concéntricas. La cinta se desplaza ahora sobre rodillos, de forma que gira suavemente a lo largo de una pista fija sobre la superficie de la esfera de cristal. Desde nuestra perspectiva, en el centro de la cinta y de la esfera, el planeta vuelve a describir una trayectoria circular. Pero ahora, al girar la cinta, permitimos que la esfera interior gire también sobre otro eje. El movimiento del planeta sigue siendo perfectamente circular, visto desde su propia perspectiva, pero, desde la nuestra, en el interior de la caverna, parece describir una trayectoria

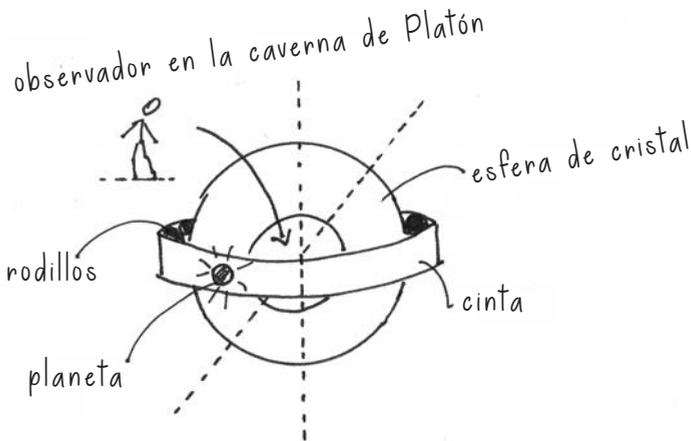


Figura 5. Esquema de los movimientos planetarios según el modelo de Eudoxo.

más compleja, que es la superposición de dos movimientos circulares. La esfera se mueve como los planetas del cielo.

El modelo de Eudoxo funcionaba bastante bien, pero necesitaba veintisiete esferas. Aristóteles añadió más esferas, que actuaban a modo de rodamientos, para impedir que el movimiento de una de ellas se transmitiese a las adyacentes. El número de esferas celestes se disparó hasta cincuenta y seis. Pero seguía habiendo un problema: las esferas rígidas eran incompatibles con otra característica del movimiento planetario, a saber, que la luminosidad de los planetas aumenta y disminuye de manera regular. Para que su luz fuera constante, las esferas tenían que acercarse a la Tierra y alejarse de ella alternativamente. ¿Cómo iban a realizar esa maniobra en la superficie de una esfera rígida?

Una posible solución la propuso el último gran astrónomo de la Antigüedad, Ptolomeo (c. 90-168 d. C.), que vivió en la ciudad grecorromana de Alejandría, famosa por su gran biblioteca. Lo primero que hizo fue adoptar una de las hipótesis de Apolonio (siglo III a. C.).* Supón que, en vez de fijar el planeta imaginario de la Figura 5 en el exterior de la cinta, lo colgamos de una pequeña rueda giratoria, como si fuera el asiento de una noria, cuyo cubo está unido a la cinta. La esfera y el anillo hacen girar el planeta exactamente igual que antes, pero ahora la rotación de la noria añade un epiciclo que, desde nuestro punto de observación, acerca y aleja alternativamente el planeta. La adición de la noria explicaba la aparición y desaparición de los planetas, pero ¿cómo era posible que una rueda hiciera oscilar un planeta en una esfera de cristal supuestamente maciza? Ptolomeo no intentó explicarlo.

Ni con toda esta complejidad encajaban los movimientos de los planetas en el modelo ptolemaico. Para solucionar el problema, el astrónomo introdujo dos complicaciones más. En primer lugar, trasladó la Tierra (la caverna de Platón en la figura) desde el centro exacto de las rotaciones de la esfera hasta un punto, inmediato al centro, al que llamó *excéntrica*. También desechó el principio platónico de movimiento uniforme, permitiendo que cada planeta solo pareciera girar a velocidad constante desde un punto imaginario del espacio que se denomina *ecuanete*.

* Apolonio nació en Anatolia.

Ptolomeo describió el sistema geométrico del cosmos en el *Almagesto*, escrito hacia el año 150 d. C. Este complejo tratado mencionaba unos ochenta círculos, epiciclos, excéntricas y puntos ecuanes. Se apartaba mucho de la física en el sentido de que hacía que los planetas, en sus norias celestes, atravesaran limpiamente unas esferas supuestamente macizas, y también era geocéntrico, pues situaba la Tierra, que no el Sol, en el centro del universo. Sin embargo, las predicciones astronómicas realizadas con el modelo cosmológico del *Almagesto* eran bastante precisas, explicaban los movimientos que se observaban en el firmamento y servían para determinar la fecha de algunos acontecimientos, como por ejemplo los eclipses, de manera que siguieron siendo lo más avanzado en astronomía durante más de mil años. La obra de Ptolomeo tuvo una gran repercusión en el mundo árabe, y la mayoría de los datos astronómicos que se recogen en el *Tractatus de Sphaera* de Sacrobosco, al que probablemente tuvo acceso Guillermo de Occam durante su estancia en Oxford, procedían de las traducciones árabes del *Almagesto*.

¿Cómo puede acertar tantas veces un modelo tan erróneo? Esta curiosa pregunta contradice la extendida idea de que la misión de la ciencia consiste en mirar más allá de nuestros sentidos y de nuestra desorientada inteligencia para descubrir cómo es *realmente* el mundo. Si los modelos científicos, como el de Ptolomeo, que están basados en tantas suposiciones erróneas, pueden hacer predicciones precisas, ¿cómo vamos a saber si una teoría o una hipótesis es correcta o incorrecta? ¿Es posible que los modelos científicos actuales estén tan equivocados como el de Ptolomeo? Entonces, ¿cómo vamos a descubrir la verdad?

Como ya te habrás imaginado, la solución de este enigma tiene que ver con la navaja de Occam, pero para aplicarla habrá que abandonar esa visión ingenua de la ciencia como búsqueda de la verdad y aceptar con cierta resignación que la *verdad* siempre se nos escapará. Sin embargo, a pesar de esta limitación, y con la navaja de Occam en la mano, la ciencia nos ayuda a dar sentido al mundo para que podamos enviar cohetes a planetas remotos o liberar a miles de millones de personas del yugo del hambre o la enfermedad. Puede que la ciencia no sepa adónde se dirige, pero el viaje no deja de ser asombroso.

LA CAÍDA DE LOS CIELOS

El sistema de Ptolomeo fue la última gran conquista de la ciencia clásica. Alejandría siguió siendo un núcleo de cultura y conocimiento hasta bien avanzada la era cristiana. Su gran biblioteca era tan famosa que durante los dos primeros siglos después de Cristo aquella ciudad fue considerada la capital del conocimiento en todo el mundo antiguo. El Museo de Alejandría es posiblemente uno de los primeros centros de enseñanza que contó con grandes sabios, como Euclides, entre sus profesores. Su último director fue un matemático llamado Teón de Alejandría. La docta y hermosa hija de Teón, Hipatia, había alcanzado gran fama por derecho propio como matemática, filósofa y profesora, y como tal personificaba los ideales de la cultura helénica. Es la primera matemática de la que tenemos constancia.⁹ Hipatia siguió enseñando y adorando a los dioses paganos incluso después de que el emperador Teodosio promulgara un edicto prohibiendo la práctica de la antigua religión griega. Juan, obispo de Nikiu, relata su desgraciado final en el año 415, cuando «Una multitud de creyentes [...] la arrastró hasta la iglesia grande. [...] Y le arrancaron la ropa y la arrastraron por las calles de la ciudad hasta que murió [...] y quemaron su cuerpo».¹⁰ San Jerónimo, traductor de la Vulgata, escribió que «la ridícula sabiduría de los filósofos» había sido derrotada. Las esferas de cristal que habían mostrado «el curso de las estrellas» a griegos y romanos se hicieron añicos, y el modelo del cosmos volvió a ser una Tierra plana, rodeada por una tienda hebrea que sostenía las estrellas. Severiano, obispo de Gálaba hacia el año 400, escribió en sus *Seis discursos sobre la creación del mundo* que «el mundo no es una esfera, sino una tienda o tabernáculo».¹¹