

Michael Hoskin

Breve historia de la astronomía



Alianza editorial
El libro de bolsillo

Título original: *The History of Astronomy.
A Very Short Introduction*

Traducción de Miguel Paredes

Publicada originalmente en inglés en 2003. Esta traducción se ha realizado por acuerdo con Oxford University Press.

Primera edición: 2016

Primera reimpresión: 2024

Diseño de colección: Estrada Design

Diseño de cubierta: Manuel Estrada

Fotografía de Amador Toril

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© Michael Hoskin, 2003

© de la traducción: Miguel Paredes Larrucea, 2016

© Alianza Editorial, S. A., Madrid, 2016, 2024

Calle Valentín Beato, 21

28037 Madrid

www.alianzaeditorial.es



PAPEL DE FIBRA
CERTIFICADA

ISBN: 978-84-9104-349-2

Depósito legal: M.3.028-2016

Printed in Spain

Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial, envíe un correo electrónico a la dirección: alianzaeditorial@anaya.es

Índice

9	1. El cielo en la prehistoria
16	2. La astronomía de la Antigüedad
38	3. La astronomía en la Edad Media
63	4. La astronomía transformada
85	5. La astronomía en la época de Newton
110	6. La exploración del universo estelar
147	Epílogo
153	Otras lecturas
157	Glosario
161	Índice de ilustraciones
163	Índice analítico

1. El cielo en la prehistoria

Los historiadores de la astronomía trabajan principalmente con documentos de otras épocas que se han conservado (pocos en el caso de la Antigüedad, extremadamente numerosos para épocas recientes) y con artefactos tales como instrumentos y observatorios. Pero ¿se puede saber algo acerca del papel que desempeñó el cielo en la «cosmovisión» de los habitantes de Europa y Oriente Medio *antes de* la invención de la escritura? ¿Podría incluso haber existido una ciencia prehistórica de la astronomía, quizás una ciencia que dio a una cierta élite la posibilidad de predecir los eclipses?

Para responder a estas preguntas dependemos fundamentalmente de los megalitos que han sobrevivido hasta nuestros días: de sus alineaciones, de sus relaciones con el paisaje y de las tallas (generalmente ambiguas) que encontramos en algunos de ellos. El problema metodológico subyacente alcanza su máxima gravedad cuando el

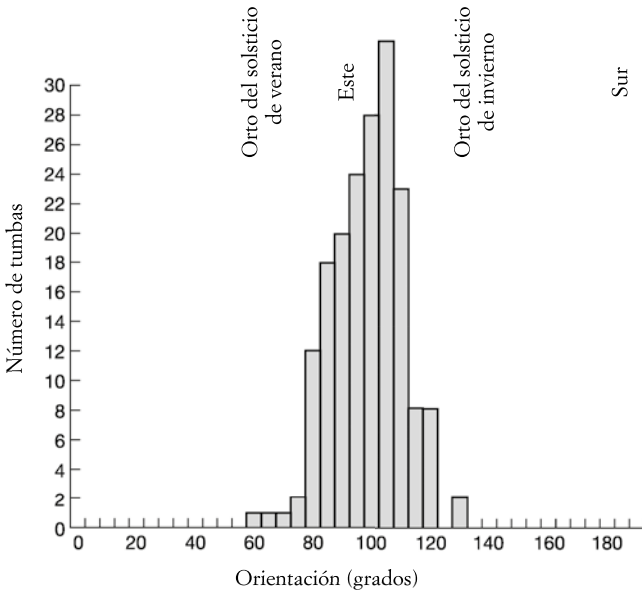
monumento es único en su especie. Stonehenge, por ejemplo, mira al orto del solsticio de verano en una dirección y al ocaso del solsticio de invierno en la contraria. ¿Cómo podemos estar seguros de que una alineación que para nosotros es astronómicamente significativa fue elegida por los arquitectos de Stonehenge por esa misma razón? ¿No respondería a alguna motivación muy diferente o incluso ser producto de la casualidad? Pensemos en un monumento de 3000 a. C. orientado hacia el Este: esa orientación pudo haber tenido como punto de referencia el orto de las Pléyades o un cúmulo estelar brillante en la constelación de Tauro o un punto a medio camino entre el orto del solsticio de verano y el de invierno; o puede que hubiese una montaña sagrada en esa dirección, o simplemente, que se eligiese esa orientación para aprovechar la inclinación del terreno. ¿Cómo podemos saber cuál de esas razones tenían en mente los constructores del monumento, si es que era alguna de ellas?

El terreno que se pisa es más firme cuando los monumentos con los que se trabaja son numerosos y están repartidos por un área muy extensa. Algunos arqueólogos del oeste de Europa están estudiando las tumbas comunales del final de la Edad de Piedra (Neolítico), cuando la vida nómada del cazador-recolector había dado paso a la existencia más sedentaria del agricultor. Las tumbas estaban destinadas a cubrir las necesidades del clan durante muchos años y por lo tanto disponían de una entrada por la que ir introduciendo los cuerpos de los difuntos a medida que era necesario. La orientación de la tumba se puede definir como la línea visual de los cuer-

pos alojados dentro de ella al «mirar» hacia afuera a través de la entrada.

En la región central de Portugal existen muchas tumbas de este tipo, con una forma muy característica reconocible al instante, construidas por gente que compartía determinadas costumbres. La región donde se encuentran las tumbas no es montañosa y tiene unos 200 kilómetros de este a oeste y una extensión parecida de norte a sur, y sin embargo todos y cada uno de los 177 monumentos medidos por este autor están orientados al Este, hacia algún punto de la salida del Sol.

Y no solo eso, sino que además predominan las orientaciones en la dirección de la salida del Sol en otoño e invierno. Hoy día sabemos, por documentos escritos, que en muchos países era tradición orientar las iglesias cristianas de modo que miraran (dos veces al año) hacia el orto solar, porque el Sol naciente es un símbolo de Cristo; y para ello los constructores disponían el trazado de la iglesia de manera que esta mirase hacia la salida del Sol el día del comienzo de las obras. Supongamos que los constructores de las tumbas neolíticas tenían una costumbre similar y que veían la salida del Sol como símbolo de una vida futura. Seguramente era en otoño e invierno, después de la época de la cosecha, cuando tenían tiempo para dedicarse a este tipo de labores, por lo cual es lógico encontrar una pauta de orientaciones como la que de hecho se observa, y resulta difícil imaginar otra forma de explicar esa sorprendente regularidad en las orientaciones. Parece por tanto razonable inferir que los constructores neolíticos orientaban sus tumbas hacia el orto solar.



1. Histograma que muestra la orientación de 177 tumbas con cámara de siete ortostatos del centro de Portugal y regiones adyacentes de España. Una vez tenida en cuenta la altitud sobre el horizonte, vemos que todas miraban hacia el orto solar en alguna época del año, en la mayoría de los casos durante el otoño, cuando es de suponer que los constructores tenían tiempo libre para este tipo de trabajo. Esto concuerda con la costumbre de orientar las tumbas hacia el orto solar el día del comienzo de las obras de construcción, igual que se hizo más tarde en las iglesias cristianas en Inglaterra y en otros lugares.

En ese caso existirían pruebas de que los cielos desempeñaron un papel en la cosmovisión del Neolítico, igual que lo desempeñaron (y lo desempeñan) en la cosmovisión de los constructores de iglesias. Pero eso no tiene

nada que ver con una «ciencia». Hace unos cincuenta años, Alexander Thom, un ingeniero jubilado, se dedicó a examinar cientos de crómlech (círculos de piedra) en Gran Bretaña y sostuvo la tesis de que en la Europa prehistórica había existido una auténtica ciencia astronómica. Según Thom, los constructores prehistóricos colocaban los círculos de modo que desde ellos se viera salir (o ponerse) el Sol (o la Luna) detrás de una montaña distante en un día señalado: el solsticio de invierno, por ejemplo, en el caso del Sol. Durante varios días antes y después del solsticio el Sol sale o se pone casi por el mismo punto del horizonte, y hace falta un instrumento muy preciso para identificar el verdadero día del solsticio. Según Thom, la élite de los tiempos prehistóricos, combinando círculos con montañas lejanas, fue capaz de formar instrumentos de muchos kilómetros de tamaño, y con el conocimiento de los ciclos solares y lunares que esto les proporcionaba, eran capaces de predecir eclipses y consolidar así su ascendiente sobre la gente común.

El trabajo de Thom despertó enorme interés y, por supuesto, controversia. Pero de una nueva investigación de los sitios estudiados por él se concluyó que, de todas las montañas lejanas, había seleccionado las que cuadraban con su tesis y que las alineaciones podían muy bien haber sido producto de la casualidad y no habérselas pasado para nada por la mente a los constructores prehistóricos. Pocos dan ahora crédito a las especulaciones de Thom, aunque cualquiera que trate de entender la cosmovisión de un pueblo prehistórico tiene una deuda de gratitud con él por haber llamado la atención sobre este tipo de cuestiones.

Podemos estar seguros de que en los tiempos prehistóricos el cielo sirvió a las necesidades prácticas de al menos dos colectivos: los navegantes y los agricultores. Hoy día los navegantes del Pacífico y de otros lugares utilizan el Sol y las estrellas para orientarse, y no hay duda de que los navegantes mediterráneos de época prehistórica hicieron otro tanto, aunque apenas se conservan testimonios de entonces.

En relación con el calendario agrícola (porque los agricultores siempre han necesitado saber cuándo sembrar y cuándo recoger la cosecha) tenemos algunas pistas. Actualmente los agricultores de algunos lugares de Europa siguen utilizando signos celestes como los descritos en *Los trabajos y los días* por el poeta griego Hesíodo (c. siglo VIII a. C.). Cada año el Sol completa un recorrido por las estrellas y por lo tanto hay un período de unas semanas en el que una determinada estrella (Sirio, pongamos por caso) está demasiado cerca del Sol para ser visible durante el día. Pero el Sol sigue moviéndose, y llega un momento en que Sirio se puede divisar al amanecer: es lo que se llama su «orto helíaco». Hesíodo describe la secuencia de eventos helíacos utilizados por los agricultores de aquella época para su calendario, y dicha secuencia resume sin duda los conocimientos y la experiencia acumulados a lo largo de los siglos precedentes.

Curiosamente, en los pilares del templo de Mnajdra en Malta, que data del 3000 a. C. aproximadamente, parecen existir pruebas de una secuencia de ese tipo, cronológicamente muy anteriores a los tiempos de Hesíodo. Mis colegas y yo encontramos allí una serie de hileras de agujeros practicados en la piedra, con aspecto de tallas,

que al analizarlas nos llevaron a la conclusión de que posiblemente indiquen el número de días entre dos ortos helíacos importantes. Como veremos, el orto helíaco de Sirio había de desempeñar muy pronto un papel capital en el calendario del vecino Egipto.

2. La astronomía en la Antigüedad

Los orígenes de la astronomía moderna se pierden entre las brumas de la prehistoria en los milenios tercero y segundo antes de Cristo, en las culturas cada vez más complejas que se desarrollaron en Egipto y Babilonia. En Egipto la administración eficaz de un territorio muy extenso exigía un calendario estable, mientras que los rituales requerían saber la hora de noche y poder orientar los monumentos –las pirámides– en las direcciones cardinales. En Babilonia, la seguridad del trono, y por ende del estado, dependía de la correcta lectura de los presagios, incluidos los vistos en el cielo.

Construir un calendario era (y sigue siéndolo) difícil, porque ni el mes lunar ni el año solar contienen un número exacto de días y porque tampoco hay un número exacto de meses en el año; el extraordinario batiburrillo de meses de diferente duración que tenemos actualmente apunta a los problemas que plantea la naturaleza al

creador de un calendario. En Egipto, donde la vida estaba presidida por la crecida anual del Nilo, se encontró una solución al problema del calendario cuando se cayó en la cuenta de que la inundación se producía aproximadamente el día del orto helíaco de Sirio, momento en que la estrella aparecía en el cielo al amanecer después de estar ausente durante semanas. El orto de la estrella se podía utilizar, por tanto, como punto de anclaje del calendario.

El año se compone de 12 meses lunares, más unos 11 días, y en el calendario que idearon los egipcios el orto de Sirio debía caer siempre en el decimosegundo mes. Si se producía en los primeros días de ese mes no había ningún problema, porque al año siguiente seguiría produciéndose en el transcurso de ese mismo mes. Pero si un año la estrella salía a finales de ese decimosegundo mes, entonces al año siguiente saldría después de finalizado este último, salvo que se hiciera algo para evitarlo. En esos años se introducía un mes extra o mes «intercalar».

Este calendario era adecuado para las fiestas religiosas pero no para la administración de una sociedad compleja y altamente organizada, por lo cual se diseñó, para los asuntos civiles, un segundo calendario extraordinariamente simple: el año tenía exactamente 12 meses, cada uno de ellos de 3 «semanas» de 10 días, con 5 días adicionales al final del año para que el número total de días fuese de 365. Como el año estacional es de hecho algunas horas más largo (motivo por el cual tenemos los años bisiestos), este calendario civil tenía la pega de irse desplazando lentamente, de manera cíclica, a través de las estaciones del año; pero se consideraba que ese inconve-

niente era un precio aceptable a cambio de la comodidad administrativa de contar con un patrón inmutable.

Como había 36 «semanas» de 10 días, se seleccionaron en el cielo 36 grupos de estrellas o «decanos» de manera que aproximadamente cada 10 días se produjera el orto helíaco de un nuevo decano. Durante un atardecer cualquiera estaban visibles en el cielo una serie de decanos, y durante la noche aparecían otros nuevos en el horizonte a intervalos regulares, marcando de esa manera el paso del tiempo.

Los cielos desempeñaron un profundo papel en la religión egipcia, porque en ella las deidades estaban presentes en forma de constelaciones, y en la Tierra se ponía el máximo cuidado para garantizar que el faraón, llegado el momento, se reuniese con ellas. Un ejemplo de esto lo vemos en la casi exacta alineación norte-sur de las pirámides funerarias de los faraones del tercer milenio, un logro sobre cuya consecución se ha debatido mucho. Una pista la dan los (diminutos) errores que existen en las alineaciones, errores que varían sistemáticamente con la fecha de construcción. Recientemente se ha sugerido la posibilidad de que los egipcios, tomando como referencia una línea imaginaria trazada entre dos estrellas visibles en todo momento por encima del horizonte (estrellas circumpolares), situaran el Norte en dirección hacia esa línea en el momento exacto en que estuviese en posición vertical. En ese caso, el lento movimiento del polo norte celeste debido al bamboleo del eje de la Tierra (lo que se llama «precesión») explicaría esos errores sistemáticos.

Los egipcios tenían la desventaja de trabajar con una geometría y una aritmética primitivas, lo cual les impidió

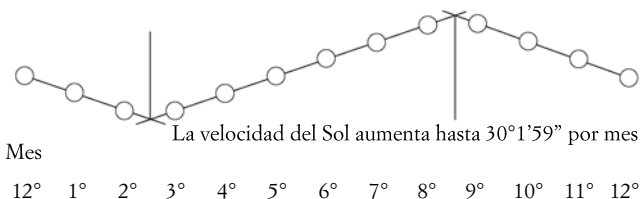
adquirir cierta comprensión de los movimientos estelares y planetarios más sutiles. Su aritmética, por ejemplo, operaba casi exclusivamente con fracciones unitarias (de numerador 1).

Los babilonios, en cambio, desarrollaron 2000 años antes de Cristo una brillante técnica de notación aritmética, fundamento de los notables resultados que lograron en astronomía. Sobre una tablilla de arcilla blanda del tamaño de una mano el escriba apoyaba el estilo de canto si quería escribir un 1 y de plano si quería escribir un 10. Repitiendo esa operación tantas veces como fuesen necesarias, podía escribir los números del 1 al 59; para el 60 volvía a utilizar el símbolo del 1 (lo mismo que hacemos nosotros para escribir las decenas) y análogamente para 60 60, 60 60 60, etc. La precisión y versatilidad de los números que podían escribirse con este sistema de notación sexagesimal no tenían límite, y aún hoy seguimos midiendo los ángulos en grados sexagesimales y contando el tiempo en horas, minutos y segundos.

Los funcionarios de la corte babilónica estaban muy atentos a todos los augurios (las entrañas de las ovejas suscitaban especial interés) y llevaban un registro de cualquier suceso indeseado que sobreviniera después, para aprender así de la experiencia: cuando volviera a producirse el augurio, conocerían la naturaleza de la catástrofe inminente y podrían realizar el ritual apropiado. De ese modo se llegó a elaborar un vasto compendio de siete mil augurios que tomó forma definitiva hacia el 900 a. C.

Poco tiempo después comenzaron los escribas a llevar un registro sistemático de los fenómenos astronómicos

La velocidad del Sol disminuye hasta $28^{\circ}10'39''40'''$ por mes



2. Representación moderna de la segunda aproximación babilónica de la velocidad del Sol respecto al fondo estelar, utilizando los valores hallados en una tablilla de 133/2 a. C. En esta formulación artificial, pero aritméticamente conveniente, se supone que la velocidad aumenta una misma cantidad cada mes durante seis meses, para luego disminuir de manera similar los seis siguientes. Los resultados obtenidos con este método se comprobó que tenían una precisión aceptable.

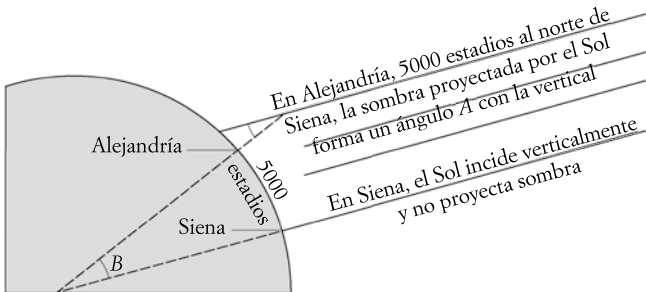
(y meteorológicos) con el fin de refinar sus pronósticos. Así se continuó durante siete siglos, y poco a poco empezó a emerger de los registros la existencia de ciclos en los movimientos del Sol, la Luna y los planetas. Con ayuda de la notación sexagesimal los escribas diseñaron técnicas aritméticas para utilizar estos ciclos en la predicción de la futura posición de los cuerpos celestes. Por ejemplo, el movimiento del Sol respecto al fondo estelar se acelera durante una mitad del año y se desacelera durante la otra mitad. Los babilonios diseñaron dos técnicas para aproximar este movimiento: o bien suponer una velocidad uniforme durante medio año y otra velocidad uniforme durante la otra mitad, o bien suponer un aumento constante de la velocidad durante medio año y una disminución constante durante la otra mitad. Ambas técnicas eran solo aproximaciones artificiales a la realidad, pero cumplían su cometido.

Lo que se sabe hoy sobre la astronomía griega antes del siglo IV a. C. es extremadamente fragmentario, porque se conservan muy pocos escritos de ese período y porque mucho de lo que se ha conservado está en forma de opiniones citadas por Aristóteles (384-322 a. C.) con la intención de rebatirlas. Pero hay dos aspectos que merece la pena destacar: en primer lugar, el intento de comprender la naturaleza en términos puramente naturales, sin recurso a lo sobrenatural; y en segundo lugar, el reconocimiento de que la Tierra es esférica. Aristóteles señala acertadamente que la sombra proyectada por la Tierra sobre la Luna durante un eclipse es invariablemente circular y que eso solo puede ocurrir si la Tierra es esférica.

Los griegos, como decimos, conocían la forma de la Tierra, pero además Eratóstenes (c. 276-c. 195 a. C.) logró una excelente estimación de su tamaño real. Desde entonces, cualquiera con un mínimo de formación sabe que la Tierra es esférica.

También los cielos parecían esféricos, y como en cualquier momento se ve exactamente la mitad de la esfera celeste, la Tierra había de estar en su mismo centro. De ese modo se desarrolló el modelo clásico griego del universo: una Tierra esférica en el centro de un cosmos esférico.

Aristóteles, en voluminosos escritos que aún se enseñaban en Cambridge en tiempos de Isaac Newton, establecía la contraposición entre la región terrestre en el centro del cosmos, que se extendía casi hasta la Luna, y la región celeste situada más allá de ese punto. En la región terrestre había cambio, vida y muerte, generación y



3. Geometría utilizada por Eratóstenes para medir la Tierra. Los ángulos A y B son iguales.

Eratóstenes mide la circunferencia de la esfera terrestre

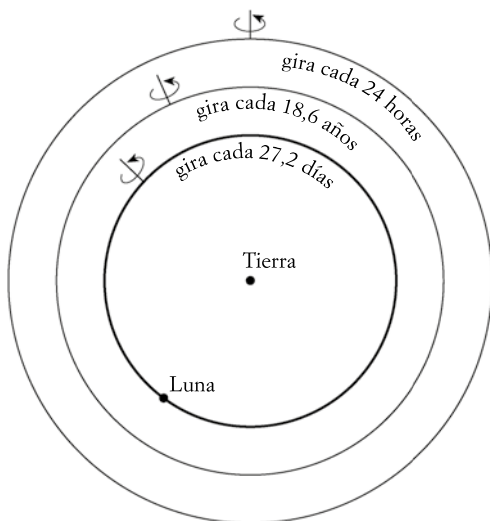
Eratóstenes sabía que en la actual Asuán el Sol caía a plomo al mediodía del solsticio de verano, mientras que en Alejandría, que se estimaba situada a 5000 estadios al norte de Asuán, formaba un ángulo de $1/50$ de arco con la vertical. Un simple cálculo geométrico mostraba que la circunferencia de la Tierra era entonces igual a 50 veces 5000 estadios. La equivalencia moderna del estadio es debatible, pero no hay duda de que el valor de 250 000 estadios era aproximadamente correcto.

corrupción. En el mismo centro estaba la esfera de la Tierra; alrededor de ella, la esfera del agua, luego la del aire y finalmente la del fuego. Los cuerpos estaban compuestos de estos elementos en proporciones variables. Abandonados a sí mismos, los cuerpos se movían en lí-

nea recta, bien hacia el centro o alejándose de él, con el fin de colocarse, respecto de ese centro, a la distancia que más convenía a su composición elemental; así, las piedras, al ser fundamentalmente terrestres, caen hacia el centro, mientras que las llamas suben hacia la esfera del fuego.

Inmediatamente al otro lado de la esfera del fuego comenzaba la región celeste, en la cual los movimientos eran cíclicos (nunca rectilíneos) y por lo tanto no había verdadero cambio. En lo más alto del cielo estaba la esfera rotatoria de las innumerables estrellas «fijas», así llamadas porque nunca cambiaban de posición unas respecto a otras. Los astros no fijos sólo eran siete: la Luna (claramente el más cercano de todos), el Sol, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. A estos astros que se movían contra el fondo de las estrellas fijas se les conocía con el nombre de «errantes», «vagabundos» o «planetas», debido al continuo cambio de sus movimientos (de hecho, el sentido del de los cinco menores se invertía cada cierto tiempo). Platón (427-348/7 a. C.), maestro de Aristóteles y matemático por instinto, había visto en los planetas una posible refutación de su creencia de que vivimos en un cosmos gobernado por leyes. Pero ¿podía demostrarse que los planetas eran de hecho tan regulares en sus movimientos como las estrellas fijas, con la única diferencia de que las leyes que rigen los movimientos planetarios son más complejas y no inmediatamente obvias?

El reto lanzado por Platón lo recogió el geómetra Eudoxo (c. 400-c. 347 a. C.). Eudoxo formuló para cada planeta un nido de tres o cuatro esferas concéntricas y lo



4. Regularidades matemáticas exhibidas por el movimiento del planeta Luna, según Eudoxo. La Luna se imagina situada en el ecuador de la esfera más interna, que gira casi una vez al mes. Los polos de esta esfera están encastrados en la siguiente esfera, que rota cada 18,6 años, período que se conocía por los ciclos de los eclipses; y los polos de esta segunda esfera están incrustados en la esfera exterior, que gira una vez al día.

utilizó luego para demostrar matemáticamente que el movimiento de los planetas se regía después de todo por leyes. Cada planeta se hallaba situado en el ecuador de la esfera más interna, que giraba con velocidad uniforme arrastrando consigo al planeta. Los polos de esta esfera se imaginaban incrustados en la siguiente esfera y arrastrados por ella en su giro uniforme; y lo mismo para la tercera y (en el caso de los planetas menores) la cuarta esfera. El ángulo del eje de cada esfera, igual que su ve-

locidad de rotación, se elegía cuidadosamente, mientras que la esfera exterior generaba en cada caso la trayectoria diaria del planeta alrededor de la Tierra. Las esferas de la Luna, por ejemplo, giraban con velocidad uniforme cada 24 horas, cada 18,6 años y cada 27,2 días respectivamente, por lo que el movimiento lunar resultante reflejaba los tres períodos.

En el caso de cada uno de los cinco planetas menores, dos de las esferas giraban con velocidades iguales y opuestas alrededor de ejes ligeramente diferentes, y estas esferas imprimían de suyo al planeta un movimiento en forma de ocho, lo cual hacía posible que las cuatro esferas anidadas generaran de cuando en cuando movimientos de retroceso (retrógrados).

Hasta ahí, todo bien. Lo malo es que en estos modelos geométricos los movimientos retrógrados de los planetas menores se repetían con absoluta regularidad y evidentemente no reproducían los erráticos movimientos planetarios que se observan realmente en el cielo. Además, los modelos obligaban a los planetas a permanecer a una distancia constante de la Tierra central, mientras que en el mundo real el brillo de los planetas menores sufre considerables variaciones, lo que hace suponer que también es muy variable su distancia a la Tierra. Para los babilonios tales deficiencias habrían sido anatema, pero los modelos eran suficientemente prometedores como para convencer a la generación de Platón de que el cosmos se regía realmente por leyes, aunque quedara aún por elucidarlas hasta el final.

A Aristóteles le preocupaba una limitación muy diferente, y es que las esferas de los modelos eran construc-