

El astrónomo que perdió la nariz

Tycho Brahe

Alejandro Schmidt



El astrónomo que perdió la nariz

Portada: diseño de Pablo Meyer y Asociados;
foto de Enrique Macías
Cuadrante universal, original del siglo XVII,
de la colección de Pedro Mosiño

Primera edición, 1994
© Pangea Editores, S. A. de C. V.
Periférico Sur 3453-601
10200 México, D. F.

Esta primera edición se coedita con la
Dirección General de Publicaciones del
Consejo Nacional para la Cultura y las Artes

ISBN 968-6177-68-X

D. R. Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México
Printed in Mexico

El astrónomo que perdió la nariz

Tycho Brahe

Alejandro Schmidt



Consejo Nacional
para la
Cultura y las Artes

Dirección General de Publicaciones

PANGEA

Pangea Editores, S.A. de C.V.

Índice

El mundo de Tycho Brahe	9
La lógica extravagante	12
Las obras del capricho universal	18
Las consultas al cosmos	19
Bajo la mirada de la señora de la noche	23
El mundo de la intuición	30
¡Al diablo con Aristóteles!	32
Sentido común, sentido valioso	34
La morada de Urania	37
Un surco en el cielo	41
Un acto de magia	44
Métrica celeste	50
Los tres reyes mecenas	58
El socorro de lo alto	64
Textos de Tycho Brahe	
<i>Sobre los más recientes fenómenos del mundo etéreo</i>	75
Índice analítico y glosario	95

Los pocos que han sido regalados con la visión de las riquezas del Olimpo nunca más podrán fijar su vista en la perecedera trivialidad de este mundo.

Tycho Brahe

Tycho Brahe murió en la ciudad de Praga el día 24 de octubre de 1601, próximo a cumplir los 55 años. Para entonces su agonía se prolongaba ya durante once días. Los agudos dolores que la acompañaban desaparecieron unas cuantas horas antes, como presagio de que este hombre, miembro de la alta nobleza de Dinamarca, su país natal, abandonaría el mundo al cual había intentado conocer y describir.

Tendido en su lecho, apenas alcanzaba a sentir cómo sus acompañantes se afanaban en reconfortarlo, pero era inútil: a la vez que la infección castigaba su cuerpo, el delirio violentaba su mente impregnándola con imágenes espeluznantes. Una a una desfilaban ante su intermitente conciencia las figuras de armilares, sextantes y castillos, de novae y cometas. Sus amigos y sus enemigos, sus seguidores y sus detractores aparecían desfigurados ante su imaginación. De pronto, cuando sus fuerzas lo abandonaban, se apoderó de él un remordimiento insoportable: la astronomía no había sido restaurada. Moriría sin saber si la astronomía sería restaurada. Antes de perder el conocimiento por última vez, pudo por fin mirar a los ojos a Urania, la musa de la astronomía.

La lógica extravagante

Otte Brahe se casó con Beate Bille en 1544. Ambas familias gozaban de una alta reputación dentro de la sociedad danesa, por lo que la unión vinculó a dos de los apellidos más influyentes del país. El primer fruto del matrimonio vino diez meses después de la boda. Se llamó Lisbet. Fue la primera de una cadena extenuante para Beate: tuvo doce partos en doce años. Sin embargo, sólo ocho de sus hijos vivieron hasta la edad adulta. Tycho nació en tercer lugar, el 14 de diciembre de 1546, después de Lisbet y de un hermano gemelo. Gracias a la muerte prematura de éste, Tycho resultó ser el primogénito indiscutible.

La existencia de Tycho estuvo repleta de acontecimientos curiosos, muchos de ellos impuestos por las circunstancias y muchos otros provocados por él mismo, como consecuencia de su carácter obstinado y decidido.

Jørgen Brahe, tío de Tycho, nunca aprovechó su matrimonio para asegurar su descendencia. Siguiendo una lógica extravagante decidió que al nacer Steen, el siguiente varón de su hermano Otte, ya serían suficientes hombres para una familia. Así, como él no tenía ni pensaba tener hijo alguno, raptaría a Tycho, de unos 2 años, para convertirlo en su entenado. Para el niño vivir como hijo único, sin tener que compartir atenciones con los hermanos que vivían bajo el techo paterno, representó mayores cuidados y mejores condiciones para desarrollarse.

La educación que recibió durante su infancia estuvo a cargo del clero protestante en los templos correspondientes. Después, aproximadamente a los 12 años, asistió a la Universidad de Copenhague con la idea de estudiar derecho. Pasó por ella sin pena ni gloria. Aun así fue allí donde nació su interés por las matemáticas y la astronomía, y adquirió por su cuenta varios libros dedicados a estos temas científicos. De haber sido educado por sus padres habría seguido, sin duda, el mismo camino que sus hermanos, que tuvieron una educación militar en ejércitos y



Tycho Brahe

cortes extranjeros que los prepararon para una vida dedicada a la política. En lugar de esto, sus tíos lo mandaron a universidades europeas como las de Leipzig, Ausburgo y Basilea. Gracias a eso pudo consolidar su camino hacia la astronomía, e iniciar su intenso galanteo con Urania. Fue también durante estos años de estudiante que decidió cambiar su nombre pasándolo de la forma danesa Tyge a la latina Tycho, que en español se pronuncia Tico. Latinizar el nombre era una práctica relativamente común en la época, al menos en las personas que tuvieran interés en internacionalizarse.

Los años de estudiante fueron determinantes para el desarrollo espiritual del joven Brahe. A través de una lenta y paulatina metamorfosis sus intereses cambiaron desde el estudio de las leyes hasta el romance abierto con Urania. El coqueteo comenzó a la edad en que las pasiones son más intensas y los desaires más amargos. A los 15 años consiguió varios de los libros en los que se acostumbraba estudiar astronomía en la época. Al leerlos experimentaba un insoportable deleite con los prodigios que en ellos encontraba. La excitación surgida de los relatos narrados en los distintos tomos que consultaba motivaba profundas reflexiones en su mente.

¿Cómo es posible que los movimientos de los astros no sean obras del capricho universal, sino que puedan estar sujetos a cálculos que permitan anticiparlos? Es difícil encontrar algún estudioso de la naturaleza que no se haya maravillado con una pregunta similar (incluso para Albert Einstein lo incomprendible del universo era justamente que fuera comprensible). Si se piensa con cuidado se verá que es difícil encontrar una justificación para esta propiedad del universo. Pero éste es sólo el principio de una cadena de preguntas igualmente desconcertantes: ¿por qué es la naturaleza tan regular? ¿Cómo es que podemos domesticarla en términos de leyes que luego nos permiten utilizarla a nuestro antojo? Tal vez algún día lo sepamos, tal vez no.

Para Tycho la semilla había quedado sembrada; el cosquilleo no cesaría nunca. Esta incertidumbre funcionaba como estímulo, jamás como represor. Al asistir posteriormente a universidades del centro-este de Europa, como Rostock y Leipzig, tuvo que estudiar el cielo a escondidas de Anders Sørensen Vedel —tutor asignado para estos viajes por su tío Jørgen— que, por más que lo intentó, no pudo disminuir el impulso astronómico de su discípulo y hacerlo concentrarse en las labores asignadas en los cursos de leyes. Fue así como el testarudo joven consiguió más libros y varios instrumentos que le ayudarían a conocer la distribución de las estrellas en el cielo. Los bellísimos mapas celestes pintados por Alberto Dürero se constituyeron en sus consumados maestros al consultarlos y estudiarlos noche tras noche en la soledad nocturna.

La principal de sus furtivas actividades era el registro de la posición de los astros. Usando un hilo tenso realizó mediciones rudimentarias de los movimientos de los planetas, una mera insignificancia comparada con las que recolectaría años más tarde; sin embargo le fueron suficientes para convencerse de que las predicciones hechas con base en las más famosas tablas astronómicas de la época eran deficientes. Las tablas astronómicas alfonsinas se elaboraron en 1252 por encargo del rey Alfonso X. Sus resultados se calcularon usando el sistema astronómico geocéntrico —con la tierra en el centro— ideado por los antiguos griegos, y representaron así la mejor obra de consulta astronómica durante los dos siglos siguientes. A diferencia de éstas, las tablas prusianas se imprimieron en 1562 y fueron confeccionadas con base en la teoría heliocéntrica —con el sol en el centro— propuesta por Copérnico unos años antes. (Más adelante hablaremos con bastante detalle de ambos sistemas.) Tanto las tablas alfonsinas como las prusianas se usaban en el siglo XVI para anticipar fechas de eclipses y calcular otro tipo de efemérides, como los solsticios y los equinoccios, las conjunciones planetarias, etcétera. Tycho conoció ambos compendios cuando



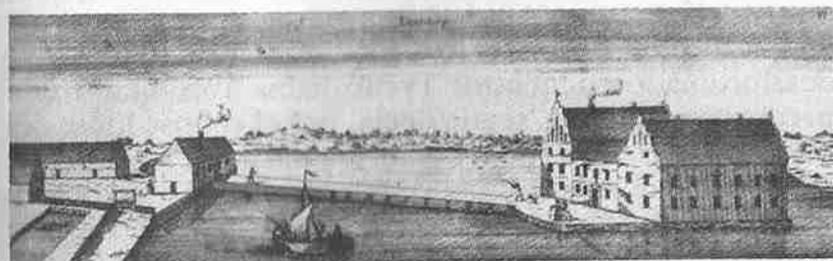
Mapa celeste de Alberto Durero que muestra las constelaciones del hemisferio norte.

tenía alrededor de 15 años. Aun con sus sencillos métodos de medición, no tardó mucho en descubrir las inexactitudes contenidas en las tablas. Este hallazgo causó profundo impacto en el joven Tycho, pues dejaba claro que la astronomía debía ser renovada, reconstruida desde sus cimientos. Para esto era indispensable recopilar las más variadas y precisas mediciones de las posiciones y movimientos de estrellas y planetas, pues resultaba claro que los métodos que sus antecesores habían usado no eran apropiados. Había que comenzar de inmediato con el

trabajo, y así estuvo a tiempo para atestiguar, en 1563, la conjunción de Júpiter y Saturno, suceso astronómico que ocurre cada veinte años y que representaría el inicio de incontables noches de desvelo para observar sistemáticamente el cielo y anotar con gran cuidado sus peculiaridades y evoluciones, a veces solo, a veces acompañado por amigos o ayudantes.

En 1565, después de tres años de estudios en Leipzig, Tycho regresó a Dinamarca para pasar una temporada en casa de su padre, Otte Brahe. Meditando sobre cuál sería el camino que tomaría su vida, si el aburrimiento cortesano entre reyes y altos funcionarios, como correspondía a su condición, o el incitante estudio de las estrellas, recibió la noticia de la muerte de su tío y mentor Jørgen.

Gracias a su heroico desempeño en la guerra contra los suecos, Jørgen Brahe había sido elevado al rango de vicealmirante de la flota danesa, que lo mantendría cerca del rey Federico II. Durante un receso en el combate en que las fuerzas danesas se reagrupaban frente a Copenhague, tanto el rey como el vicealmirante se pusieron a beber. El rey perdió el equilibrio y cayó desde una barcaza a las frías aguas nórdicas. Jørgen, al tratar de pescarlo, lo siguió de bruces. El tío Jørgen no sobrevivió al helado incidente y murió, sin dejar testamento, a los 50 años, el 4 de julio de 1565. Para Tycho las repercusiones del triste deceso



Knudstrup, casa de la familia Brahe.

fueron profundas. Por un lado, perdía toda la fortuna que habría heredado de Jørgen, pues ahora su riqueza tendría que repartirse entre toda la familia; y por otro, regresaría como un desconocido a vivir al hogar de sus padres, donde las discusiones y desavenencias respecto a su futuro surgirían desde el primer instante. Otte Brahe no compartía los conceptos de su hermano respecto a la cultura y la manera de educar a un joven. La perspectiva que presentaban estas diferencias con su padre empujaron a Tycho a tomar la decisión de buscar opciones que lo mantuvieran lejos de casa; por eso prefirió reanudar sus viajes de una universidad a otra para consolidar su educación, y para aumentar su repertorio de caprichos.

Las obras del capricho universal

Si Aristóteles hubiera estado presente sin duda habría afirmado que el vuelo del apéndice desde la cara de Tycho hasta el suelo se clasificaba dentro de los movimientos violentos. Para cualquier otro espectador la violencia con la que transcurrió el duelo habría sido innegable y la sangrante nariz que yacía en el suelo sería patente testimonio de ello. El joven Tycho reñía, y el resultado de la disputa lo dejaba marcado con una evidente y vitalicia "seña particular". La espada de Manderup Parsberg, su oponente y compañero de estudios, había golpeado caprichosamente, mediante un lance magistral, sobre la nariz de Tycho, cortándola de tajo y obligándolo a usar una prótesis a partir de sus 20 años, y por el resto de sus días. ¿El motivo de tan desafortunado encuentro? Tycho había aventurado una predicción sugerida, según decía, por el eclipse lunar del 28 de octubre de 1566: el gran sultán turco, Suleimán el Magnífico, moriría irremediablemente en los siguientes días. ¿Cuál habría sido la reacción del adusto y arrogante danés al enterarse de que este señor había muerto seis semanas antes del eclipse? Definitivamente, para dedicarse

a astrólogo con pretensiones hay que conocer los detalles de las vidas de los contemporáneos que merezcan ser "predichos".

Las mofas y los sarcasmos de sus compañeros no se hicieron esperar; algunos eran en tono de chanza, pero hubo otros dirigidos con el verdadero afán de enfadar. La tercera vez que Manderup y Tycho se hicieron de palabras llegaron hasta las espadas, con el inaudito desenlace antes relatado.

Tycho sufrió varios días de convalecencia. La lucha contra la persistente infección fue ardua. Una vez recuperado fue necesario tomar una decisión adecuada para aligerar su situación: una pieza de oro y plata, en las proporciones exactas para darle una tonalidad parecida a la de la piel y con forma de nariz, que se ajustase al espacio dejado por la original por medio de un ungüento adhesivo, sería la mejor opción. (Muchos años después, durante los preparativos para el sepelio de Tycho, Manderup Parsberg dejó suficientemente claro que no estaba orgulloso del hecho e incluso logró que se eliminara cualquier mención de ello en la oración que se leería durante la ceremonia. Según él la amistad perduró a pesar de lo que llamó "el resultado accidental de una pelea limpia" y, al fin y al cabo, no por nada eran primos terceros.)

Al exhumarse el cadáver de Tycho, en 1901, se encontraron manchas verdes de cobre en el área nasal. Es de suponer que Tycho tendría distintas piezas para diferentes ocasiones. Por ejemplo, una pieza de cobre sería más ligera que la de oro y plata, por lo tanto más cómoda. Aquí cabe preguntarse por qué fue enterrado con la de cobre, y no con la de gala.

Las consultas al cosmos

Otra de las ventajas que significó para Tycho fincar su desarrollo dentro de universidades y no en cortes extran-

jas, donde habría aprendido el arte de la guerra y la política, fue entrar en contacto con las ideas de los grandes hombres de su época, en particular las postuladas sobre la armonía entre el microcosmos (por ejemplo: el hombre) y el macrocosmos (el universo), que fueron vigorosamente predicadas, entre otros, por Paracelso.* Preocupado principalmente por la medicina, éste despreciaba el estudio de la anatomía —privilegiada por los griegos— porque, según él, enfocaba el asunto superficialmente. Era mejor indagar en el macrocosmos, por medio de la alquimia y la astrología, para encontrar remedios “simpáticos” entre organismo y naturaleza. Un fuerte aroma empírico —fétido para algunos— emanaba de la alquimia enseñada por el iconoclasta médico Paracelso. Mas, de aquí en adelante, los métodos experimentales para investigar la naturaleza comenzarían a cobrar cada vez más importancia en la mente del hombre europeo.

La idea de consultar al cosmos acerca de su comportamiento directamente y sin intermediarios, para describirlo tal como es y no como nos gustaría que fuera, fue sembrada a una temprana edad en la mente de Tycho. Las concepciones renacentistas de experimentación enseñaban que lo importante era recabar experiencias, más y más experiencias. No había intención de controlarlas o de hacer mediciones cuantificables (en esto Tycho sería una excepción), sino de conocer mejor el mundo que los rodeaba. Incluso si encontraban un acontecimiento inverosímil, en lugar de analizarlo y, en caso de necesidad, rechazarlo, como haríamos ahora, lo incluían en el catálogo argumentando que tan sólo se trataba de un hecho poco probable y por lo tanto poco frecuente.

En 1570, mientras Tycho trabajaba en Ausburgo realizando mediciones astronómicas, recibió noticias de casa: su padre estaba delicado de salud y todo indicaba que no

*Véase, en esta misma colección, *El alquimista errante. Paracelso*, de Horacio García.



La abadía de Herrevad, primera residencia de Tycho en su edad adulta.

se recuperaría de sus padecimientos. Viajó de regreso a Dinamarca para encontrarlo aún con vida. El deterioro de Otte Brahe, agotado gracias al trajín impuesto por el ritmo de la vida militar, duró varios días. La muerte lo alcanzó el 9 de mayo de 1571. Aunque para Otte llegaba el fin de su vida, para Tycho se abrían caminos insospechados.

El año de 1571 fue de grandes cambios para Tycho, pues decidió dejar el hogar paterno en Knudstrup —población ubicada en lo que hoy sería Suecia— para iniciar su propio camino. El lugar escogido por él fue la abadía de Herrevad, construcción cercana a Knudstrup, de la que su tío Steen Brahe era amo y señor. Pero no sólo eso; en ese año también conoció a la mujer con la que habría de compartir el resto de sus días.

Kirsten Jørgensdatter no era noble. Las leyes danesas le prohibían contraer matrimonio con el aristocrático hombre al que amó, pero la tradición vikinga que reconocía como legítima esposa a la mujer que, durante tres inviernos, comiera y durmiera con el hombre de la casa, y tuviera a su cargo las llaves de ésta, le permitía vivir con él. Las presiones que tuvieron que soportar Tycho y Kirsten fueron, por lo menos, incómodas. No era el primer caso de este tipo que vivía la sociedad danesa, mas no por común era bien visto, y ambos pasaron momentos difíciles y desagradables. Esta situación era agravada por el ya prover-

bial estilo de Tycho para vivir "al revés". A lo largo de su vida no había acatado ninguna de las costumbres asociadas con las usanzas de las altas esferas. Ahora tenía la osadía de escoger a una mujer "común" para formar su hogar.

Sin embargo, fue en este año que llegó para Tycho una de las compensaciones más admirables que una musa puede otorgar.

Al mirar hacia arriba para observar el cielo estrellado nos salta a la vista el contraste entre los puntos luminosos y su profundo y oscuro entorno. Supongamos que estamos ociosos y no tenemos más que hacer que mirar estrellas. Después de un rato nuestra mente estará jugando con la idea de la inmutabilidad de los cielos; incluso es probable que para ese momento ya estemos aburridos. Pero si somos pacientes y esperamos otro rato tal vez tengamos la suerte de ver cómo de súbito aparece una línea plateada que surca rápidamente parte del cielo, generando un trazo de buen tamaño pero que nos abandona tan repentinamente como apareció. Una estrella fugaz es un fenómeno celeste de proporciones mínimas comparado con los grandes espectáculos astronómicos que se pueden presenciar desde nuestra perspectiva terrestre. Distintos prodigios se pueden admirar sin más que alzar la cabeza al cielo: novas, cometas, eclipses o conjunciones planetarias, por no mencionar las constelaciones, forman parte del racimo de espléndidos arrebatos de Urania. Sólo que en esto también somos víctimas de los caprichos de la elegante señora, e incluso ha habido gente que ha muerto sin presenciar varios de estos sucesos.

No es el caso de Tycho Brahe, que tuvo la oportunidad de vivir al menos uno de cada uno de los grandes fenómenos astronómicos que nos regala de vez en cuando la musa. Tycho disfrutó en vida la condescendencia de su gran amor.

Como el nombre lo sugiere, una nova es una estrella "nueva" para nosotros. En realidad es una estrella que ya ha vivido la mayor parte de su existencia y que precisamen-

te al convertirse en nova anuncia su final. El hombre ha registrado sólo unas cuantas de las muchísimas novas que han existido; no todas las épocas han sido privilegiadas con este fenómeno. En los años 129 a. C. y 185, 393, 1006, 1054, 1181, 1572 y 1604 d. C, diferentes culturas han observado y registrado "segundos soles", que han acompañado al original durante unos cuantos meses, algunos de ellos lo suficientemente brillantes, se asegura, como para que su luz permitiese leer de noche. El más luminoso de ellos ha sido el de 1054, reportado por los chinos y cuyas reminiscencias se pueden observar aún hoy como la nebulosa del Cangrejo. La última que se ha encontrado se observó en 1987 con la ayuda de potentes telescopios. Apareció en la región de la gran nube de Magallanes que está a 163 mil años luz de distancia de la tierra, y no resultó espectacular.

La nova del año 129 fue la que llevó al griego Hiparco a crear el primer catálogo de estrellas que se conozca, la colección de estrellas más grande de la Grecia antigua, que reunía información sobre la posición y el brillo de 850 de ellas. La idea surgió en su mente después de observar la aparición de la nueva estrella. Esta nova lo llevó a comprender que el número de astros puede variar; en esas circunstancias, construir un catálogo resultaba imperativo. Sin embargo, la nova que más nos interesa aquí es la de 1572. Pero antes de ver por qué vamos a hacer un viaje por el cielo.

Bajo la mirada de la señora de la noche

Urania, la musa de la astronomía, a lo largo de la historia ha inspirado y atraído a una gran cantidad de mujeres y hombres para que piensen en ella. Todas las culturas la han venerado —aunque dándole nombres distintos— y la caprichosa musa nos ha recompensado con largas noches de desvelo, ya sea por la angustia que produce no

poder abarcar toda su insondable profundidad con la imaginación o gracias al placer que otorga admirarla.

Los griegos de la antigüedad lograron arrebatarle un gran número de misterios, y fueron los únicos que en esa época trascendieron la mera descripción mitológica de sus encantos. Aunque no se puede hablar de una "forma griega" de entender el cosmos, pues su visión de los cielos sufrió una gran cantidad de transformaciones a lo largo de los siglos, hubo un astrónomo que elaboró un texto en el que se expone la astronomía más aceptada hasta su época. Se llamaba Tolomeo, vivió en el siglo II en Alejandría, la gran ciudad fundada en Egipto por Alejandro Magno, y escribió una gran obra astronómica que denominó *La colección matemática*. Éste fue uno de los textos que desaparecieron de Occidente por el incendio de la biblioteca de Alejandría y que, gracias a que los árabes lo tradujeron a su idioma para estudiarlo, se salvó de la extinción. Es por esto que hoy se le conoce como *Almagesto*, nombre usado por los árabes y que significa "el más grande". En él se presenta un sistema astronómico completo conformado por medio de ideas de gente como Anaximandro, Hiparco, Aristóteles y el propio Tolomeo.

Según los griegos, la simetría era una de las características más importantes de la naturaleza. Cuando este principio se usó para describir el movimiento de los planetas en sus órbitas, se transformó —en manos de Platón y Aristóteles— en la necesidad de que los planetas viajaran por el éter formando circunferencias con velocidad uniforme, pues, según ellos, el movimiento circular pertenece a la razón y a la inteligencia, las cuales son la esencia de las estrellas. En Aristóteles y Tolomeo no cabía la duda: la tierra ocupaba el centro del universo y los planetas giraban, acompañados por el sol, alrededor de ella.

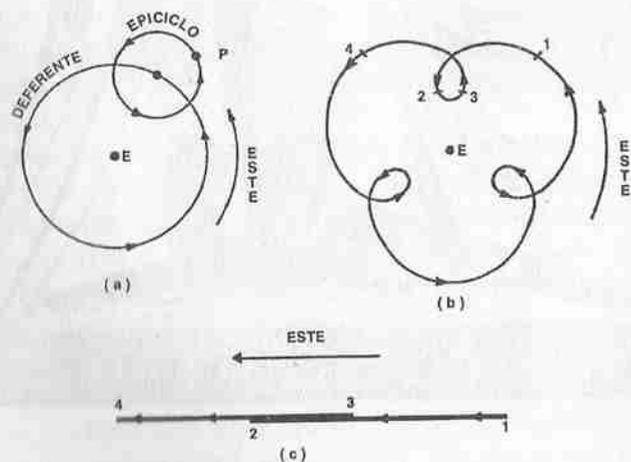
Hoy sabemos que las órbitas de los planetas tienen forma de elipse; y como describir una elipse en términos de circunferencias es imposible, no es raro que aparecieran discrepancias al comparar las predicciones de las teo-



Urania ha embelesado a los hombres desde el inicio de los tiempos.

rías astronómicas con las mediciones de los movimientos planetarios.

Ignorantes de esto, los griegos propusieron distintos sistemas cosmológicos con voluntad de corregir la situación. De esos sistemas sobrevivieron dos que hacían uso de distintas circunferencias superpuestas. Ambos fueron propuestos por Apolonio de Pergea en el siglo II a. C. El primero de ellos usaba circunferencias de dos tipos para describir el movimiento de los planetas. Estos círculos se conocían como deferentes y epiciclos. El deferente de un astro se refiere a un círculo grande cuyo centro coincide con el de la tierra y que puede visualizarse como lo que entendemos ahora por órbita. Montado sobre él se mueve el centro del epiciclo, que es una circunferencia más pequeña junto con la cual gira el planeta, y que se incluía para intentar corregir las discrepancias que surgían por usar sólo el deferente.

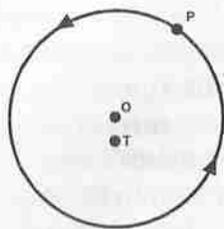


Apolonio de Pergea propuso dos formas distintas de explicar los movimientos de los planetas. En una de ellas hacía uso de circunferencias principales (llamadas deferentes y epiciclos). Un punto *P* que gire con ellas se moverá como en *b*, y si se mira el movimiento sobre su mismo plano se verá como en *c*. A los puntos 2 y 3 se les conoce como estaciones, y al trayecto de 2 a 3 como retrogradación.

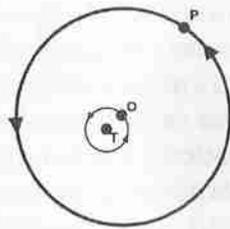
Supongamos por un momento que estamos viajando en automóvil sobre el carril central de una carretera y que a ambos lados viajan, en la misma dirección, sendos carros, uno más rápido y otro más lento que nosotros. Nos parecerá, visto desde nuestro sistema de referencia en movimiento, que el que va más rápido se mueve hacia adelante mientras que el más lento corre hacia atrás. Algo similar ocurre con los planetas. Al viajar nosotros a través del espacio con la tierra como nave espacial, vemos que ellos frenan su movimiento para continuar en dirección contraria, volver a frenar y retomar su camino hacia el este. Los puntos donde vemos que se paran se conocen como estaciones, y el trayecto en dirección contraria como retrogradación. Nuestro sistema heliocéntrico explica cómo estos súbitos cambios de itinerario suceden cuando la tierra rebasa, o es rebasada, por alguno de los planetas, pero en la época de Tolomeo, con el centro del cosmos intelectualmente ocupado por la tierra inmóvil, un círculo simple no resultaba suficiente para describir el fenómeno, por lo que fueron necesarios los epiciclos para solucionar el problema presentado por las insólitas retrogradaciones.

Este concepto también soluciona el asunto de la variación de la intensidad luminosa de los planetas. Sucede que los planetas, en algunas épocas del año, se ven más brillantes que en otras. Al registrar este efecto, los antiguos interpretaron —correctamente— que se debía a algún posible cambio en la distancia entre dicho planeta y la tierra, y que no sucedería si las órbitas estuvieran formadas por una sola circunferencia, pues sobre ésta la distancia desde cualquier punto al centro (que será la tierra) es siempre igual. Otra vez, con nuestro sistema heliocéntrico es fácil entender cómo los demás planetas se alejarán y se acercarán al nuestro; ahora, según el sistema geocéntrico, al estar montado sobre el epiciclo, el planeta se acercará y se alejará de la tierra dando cuenta del fenómeno.

El otro sistema propuesto por Apolonio hacía uso de circunferencias excéntricas para representar las órbitas.



(a)



(b)

Apolonio también pensó en la posibilidad de usar una circunferencia excéntrica para explicar el movimiento planetario. En este caso (a) el centro O de la circunferencia no coincide con el de la tierra (T). Aunque para que el punto P describa el mismo movimiento que el sistema de deferente y epiciclo, es necesario poner a girar el centro O sobre un deferente pequeño (b).

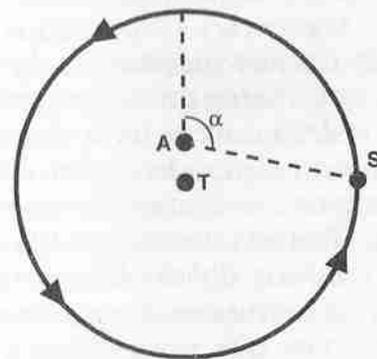
Como su nombre lo indica, el centro de las órbitas circulares no coincidía con el de la tierra. Si este punto excéntrico se pone a girar sobre un deferente pequeño, éste sí centrado en la tierra, este sistema geométrico puede explicar los mismos fenómenos que el anterior.

La astronomía que recibió Tolomeo de sus predecesores era la reunión de los esfuerzos de sus paisanos por interpretar correctamente la maquinaria celeste, esfuerzos que en su época se prolongaban ya por cerca de seis siglos. Como es común en una herencia de este tipo, el beneficiario recibe tanto los aciertos como los errores del pasado y queda en él la decisión de transmitir a su vez el legado sin alteraciones o de intentar corregirlo.

Tolomeo escogió la opción arriesgada. Al comparar los datos del movimiento solar de sus predecesores con los movimientos medidos por él, pudo comprobar que existían irregularidades en varias de las efemérides más comunes y, por lo tanto, no se salvaban las apariencias. Curiosamente, había momentos en los que el astro iba por delante de lo que el esquema geométrico predecía y había otros en los que sucedía lo contrario. Era evidente que, desde el

punto de observación terrestre, el cuerpo en cuestión no viajaba con velocidad uniforme, lo que contradecía los preceptos básicos de la astronomía aristotélica. Había que corregir esta anomalía sin importar el costo. La solución encontrada por Tolomeo agregó un artilugio más a la ya larga lista de trucos usados por sus antecesores para hacer que se ajustara mejor la teoría con el indescifrable trayecto de los astros.

El ecuante era un punto imaginario a cierta distancia del centro de la órbita. El planeta se movería a lo largo de su órbita con velocidad constante respecto al ecuante. Así lograba que, aunque desde la tierra veamos que el planeta viaja con velocidad variable, respecto al ecuante su trayecto sea uniforme, con lo que no se infringía la norma que exigía tener sólo movimientos uniformes.



El ecuante es un invento de Tolomeo para resolver ciertos problemas relativos al movimiento planetario. Según esto, el punto S se mueve de tal forma que el ángulo α varía uniformemente con el tiempo. T : tierra; A : punto alrededor del cual los movimientos son uniformes.

La visión tolemeica del cosmos hacía uso de un gran número de circunferencias, deferentes, epiciclos, epici-

culos sobre epiciclos, ecuantos, etcétera, que en conjunto conformaban el aparato geométrico del astrónomo griego, según se lee en el *Almagesto*. Esto dio como resultado una descripción difícil de entender y, por lo tanto, también de usar.

El mundo de la intuición

Aristóteles fue el gran sistematizador del conocimiento del mundo helénico. En toda su obra toma distintos conceptos y los une coherentemente con sus propias ideas para así poder construir una interpretación del mundo completa y sin contradicciones. Fue un gran pensador y escribió acerca de los más diversos temas: biología, metafísica, sobre el alma y varios más. En este libro nos interesan su física y su cosmología, debido a la prolongada influencia que ejercieron sobre la cultura occidental, influencia que Tycho Brahe no podía dejar de absorber.

La física de Aristóteles se preocupa principalmente por el estudio de los movimientos en la región conocida como sublunar, que abarca todo el espacio que, en su sistema, estaría por debajo de la luna. Según el filósofo, en esta zona los cuerpos pesados caen más rápido, y los objetos se corrompen o frenan su movimiento a menos que se aplique sobre ellos una fuerza que los anime.

Aristóteles también dividía los movimientos en dos clases excluyentes: naturales y violentos. Los primeros eran los movimientos que no requieren ninguna fuerza para manifestarse. Por ejemplo, los cuerpos pesados caen hacia el centro de la tierra naturalmente y el aire sube de igual forma; mas para hacer subir una piedra es necesario arrojarla con la mano, de manera que se eleva por medio de un movimiento "violento". Como lo "natural" en ella es caer, ascenderá por un tiempo y luego regresará al lugar que le corresponde, la tierra.

La cosmología aristotélica está estrechamente funda-

mentada en esta física. Así la tierra, al ser pesada, debe ocupar el centro del universo, con el revuelo de los planetas moviéndose a su alrededor. Enumerando de adentro hacia fuera, la luna es la primera en aparecer, girando en circunferencias con nuestro planeta en el centro y sostenida por una esfera transparente llamada orbe, que servía de frontera entre el mundo corruptible y los inmutables cielos. Por encima de la luna, Aristóteles colocaba Mercurio, Venus, sol, Marte, Júpiter y Saturno girando sempiternamente en círculos, movimiento natural para los astros, sostenidos por sendas esferas cristalinas. Urano, Neptuno y Plutón, al no poder ser observados a simple vista sino sólo con la ayuda de un telescopio, no eran conocidos para Aristóteles ni sus contemporáneos, y no fueron incluidos dentro de este esquema.

Las estrellas estaban prendidas a la última de las esferas revolviéndose rígida y lentamente para completar un ciclo al año. Los planetas, según Aristóteles, viajaban con el éter por entre las estrellas, desplegando sus caprichosas trayectorias, abrazando los designios de Urania.

Todo el universo supralunar, en contraste con el mundo sublunar, era éter: sustancia incorruptible y de absoluta pureza, que carecía de peso y era completamente transparente. Esta esencia arrastraba consigo todos los astros en su movimiento provocado por un dios ubicado más allá de la esfera de las estrellas. Aristóteles introdujo la idea de dios pues su esquema necesitaba algo que moviera al éter, un ente supremo al que denominó *primum mobile*, "primer motor".

Este sistema fue creído y usado por la gran mayoría de las personas del mundo occidental durante cerca de veinte siglos. Con él hacían, con relativo éxito, predicciones de eclipses y de los trayectos planetarios. Sin embargo está mal, pues fue construido con base en la intuición y la especulación y diseñado con métodos en los que se anteponen las ideas propias a los hechos y las mediciones. Pero dejemos esos veinte siglos atrás y volvamos con Tycho.

¡Al diablo con Aristóteles!

El 11 de noviembre de 1572, mientras el astrónomo Tycho Brahe caminaba rumbo a su casa tras concluir el trabajo de ese día en su laboratorio de alquimia, descubrió en el cielo un objeto brillante en un lugar en el que nunca antes había visto un objeto brillante. Esto le extrañó enormemente: él, que siempre había presumido de conocer todas las estrellas desde niño, no podía haber pasado por alto un cuerpo tan llamativo durante todos esos años. Evidentemente era un recién llegado. ¿Pero de qué tipo? De inmediato inició el análisis. Por su brillantez se podría tratar de un planeta, sólo que se hallaba lejos de la franja del cielo en la que se mueven dichos astros. Quedaba descartado como tal. Entonces, debido a su repentina aparición, era probable que fuera un cometa, pero su apariencia no era alargada como la de éstos. Si no se trataba ni de un planeta ni de un cometa sólo quedaba una tercera opción: tendría que ser un fenómeno completamente nuevo y diferente. Cualquiera que fuera el caso había que realizar un estudio de su posición relativa a las otras estrellas y de su distancia a la tierra. Tanto planetas como cometas tenían movimientos bien conocidos, así que un examen de la trayectoria del objeto sería concluyente. Éste era justamente el tipo de empresa para la que Tycho se venía preparando desde unos cuantos años atrás. Trabajando en la construcción de sus instrumentos astronómicos había conseguido medir las posiciones de las estrellas con una precisión nunca antes alcanzada. Los instrumentos equivalentes utilizados por Tolomeo y Copérnico no pasaban de ser burdos juguetes comparados con los del perfeccionista danés. El momento de la verdad para este "objeto volador no identificado" vendría al evaluar su movimiento usando esos potentes instrumentos astronómicos. Comenzó el trabajo esa misma noche y encontró su localización exacta: el astro estaba a 7 grados y 55 minutos de Schedir, la estrella más brillante de la constelación de Casiopea, formando un

rombo con las tres estrellas del lado derecho de la distribución en forma de W que la distingue. Observó la estrella durante los seis meses que fue visible y su conclusión fue tajante: no se movía. Tenía que tratarse de un objeto nuevo en el firmamento. Pero Aristóteles había dicho que los cielos eran inmutables, que la región sublunar es donde suceden los cambios. Entonces, o este novedoso objeto se encontraba por debajo de la luna, o Aristóteles estaba equivocado al sostener la inmutabilidad de los cielos. Sólo había una forma de saberlo: medir. Y Tycho Brahe midió la distancia a la nueva estrella y obtuvo que, no sólo no estaba debajo de la luna, sino que se encontraba muy lejos, seguramente en la esfera de las estrellas fijas.

La nova, como él la llamó, representaba el cambio, no con su posición, sino con la luminosidad y el color. De un blanco claro como el de Júpiter pasó a un tinte rojizo como el de Marte o Aldebarán, hasta llegar a un gris plomizo similar al de Saturno. Su intensidad fue creciendo en un principio hasta conseguir un brillo superior al de Júpiter o Venus y de allí comenzó la lenta declinación hasta desaparecer, ya muy tenue, en marzo de 1574. Todos estos resultados los publicó Tycho en 1573 en un tratado llamado *De nova stella* [Sobre la nueva estrella].

La renovación de la astronomía comenzaba. Ésta fue, probablemente, la primera vez que un ser humano cuestionó a la naturaleza con métodos empíricos, objetivos y corroborables. Aunque Tycho recibió todo el peso y la censura de la tradición, jamás dudó de su teoría. Él había visto cómo el astro no se movía, había visto también que se encontraba a una enorme distancia de la tierra, había seguido sus variaciones mes a mes. ¡Al diablo con Aristóteles y su inmutabilidad celeste! Si el griego hubiera estado presente haciendo las mediciones con Tycho, seguramente habría estado de acuerdo con los resultados y las consecuencias. Esa nueva estrella era suficiente para tirar de un golpe el enorme edificio cosmológico usado en los últimos veinte siglos. También dejaba bastante mal parada a la

jerarquizada interpretación católica del universo. Obviamente la sociedad europea tenía que resistirse a la propuesta e ideó una serie de explicaciones alternativas para el fenómeno que, para Tycho y sus seguidores, fueron fáciles de refutar, aunque no de superar.

No obstante que los resultados eran concluyentes, el trabajo de Tycho no representó el paso definitivo para que el hombre europeo abandonara el punto de vista aristotélico del cosmos. De hecho, no existe una persona que pueda presumir de que su trabajo, solo, haya producido este cambio conceptual, y menos aún en una época, la de la contrarreforma, en la que la iglesia católica radicalizaba su posición ante los embates dirigidos contra muchos de los dogmas impuestos por ella en cuestiones científicas y teológicas. Fue la unión de los esfuerzos de varios pensadores el único método capaz de demostrar los errores de aquella sólida visión del mundo. Hay algunos nombres más famosos que otros. Éstos, los famosos, son sólo los que lograron cristalizar el trabajo de mucha gente, los que, como Newton, se pararon en hombros de gigantes y así pudieron ver más lejos.

No hay que pretender que el *De nova stella* fue un libro revolucionario. En realidad fue una más de las muchas obras que aparecieron so pretexto de analizar el extraño suceso. Es más, en los otros tratados se podían encontrar hipótesis más acordes con las creencias de la época que las extravagantes explicaciones del señor Brahe. Eso sí, ninguna tan bien fundamentada y revisada como la del noble danés. Lo que necesitaba era conseguir otras evidencias para apoyar la novedosa teoría acerca de las alteraciones celestes. Más adelante recibiría más regalos de Urania.

Sentido común, sentido valioso

¿Cuánto mide una pulga? Supongamos que queremos hacer una investigación del tamaño de este insecto y sólo

contamos con una regla en la cual la distancia entre una marca y la siguiente es de un metro. Así, tomamos nuestro instrumento de medida y lo alineamos cariñosamente con la pulga, teniendo mucho cuidado de que la primera de las marcas coincida con alguna de las protuberancias de su cuerpo. Ahora, cuando pensábamos tener todas las condiciones para anunciar orgullosos el resultado de nuestras pesquisas, dirigimos la mirada hacia nuestra regla y comprendemos que nos sobra: lo más que podemos decir es que el tamaño de la pulga es mucho menor que un metro.

Obviamente elegimos un instrumento inadecuado para nuestra tarea. La regla que escogimos tiene una precisión muy baja para medir pulgas. Debimos haber usado un microscopio con una rejilla graduada en milímetros o algún otro aparato con graduación apropiada.

Es probable que seamos algo tercos y, una vez que nos hayamos dado cuenta de esta sutileza de las mediciones, decidamos medir la pulga con más precisión. Entonces, correremos impacientes a buscar una regla que esté graduada en décimas de milímetro, o mejor aún, en centésimas de milímetro. Con esto lograríamos tener un valor muy preciso del tamaño de nuestra pulga. Es claro que si buscamos una regla demasiado precisa la distancia entre cada marca nos resultaría indistinguible y, una vez más, el instrumento sería inservible. Pero supongamos que tras mucho trajinar por fin damos con una regla graduada hasta centésimas de milímetro, medimos nuestra pulga y encontramos un valor de 6.59 milímetros. Éste es un número aceptable y preciso que podremos anunciar jubilosos como el tamaño de nuestra pulga.

Tycho fue el primero en aplicar efectivamente el concepto de precisión en las mediciones científicas. Nadie antes que él se preocupó por buscar resultados con aparatos bien calibrados. Nadie antes que él se preocupó por construir aparatos que proporcionaran mediciones precisas. Nadie antes que él pensó siquiera en realizar un programa de mediciones cuidadosas y sistemáticas.



Uraniborg

La morada de Urania

Tan grande fue el amor de Tycho por su musa que construyó un castillo para demostrárselo. En el canal que corre entre Suecia y Celandia, isla mayor del archipiélago danés, hay una isla minúscula llamada Hven. Hoy sería perfectamente olvidada por la historia si no fuera por la singular sensibilidad de dos hombres que vivieron hace cuatro siglos.

El joven rey danés Federico II procuró que su reinado estuviera siempre acompañado de inteligencia. Logró lo que todo orgulloso dirigente desea para su pueblo: su gestión fue un lapso de prosperidad para Dinamarca debido a valientes decisiones comerciales que le aseguraron la hegemonía en la zona del mar Báltico.

Es sabido que mucha gente cercana a Federico era también cercana a Tycho. No es difícil suponer que el rey estuviera al tanto de los incipientes logros del astrónomo. Aunque el *De nova stella* no revolucionó la astronomía, era un libro de suficiente calidad como para llamar la atención de un rey de las características de Federico y, más aún, colocaba sin lugar a dudas a Tycho como el más importante astrónomo danés que había existido hasta entonces.

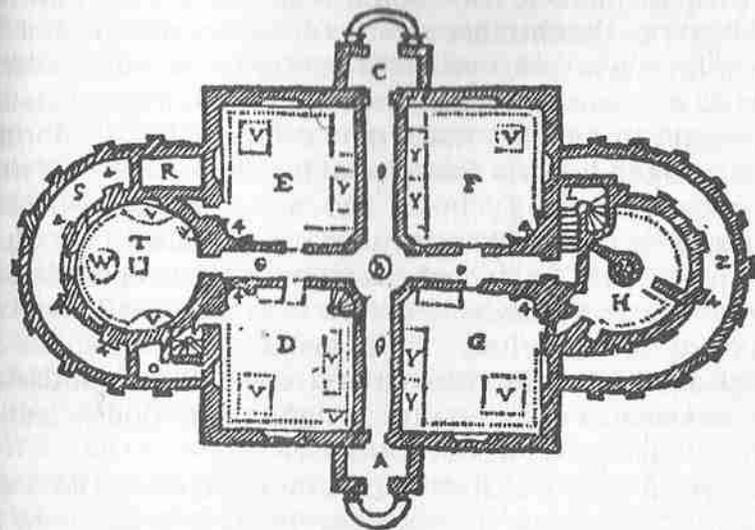
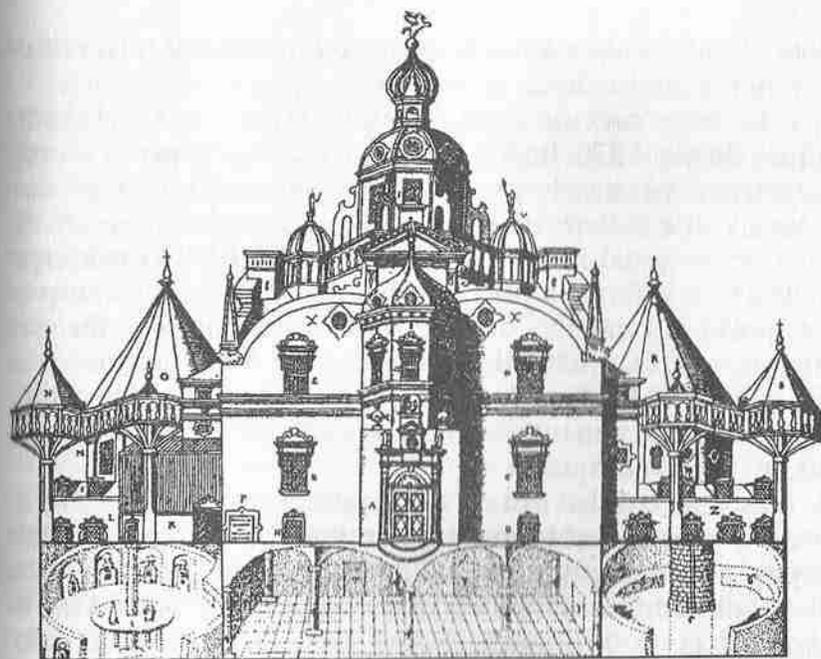
Al enterarse de que Tycho Brahe realizaba planes para abandonar el reino y radicar en Alemania, el rey Federico decidió hacer hasta lo imposible por convencerlo de que cambiara su decisión. El rey debió haber tenido un enorme respeto por Tycho pues, al explicarle éste que se alejaba de su patria para huir de las cargas y los conflictos que la nobleza implicaba, y que podían llegar a entorpecer su trabajo al grado de hacerlo imposible, Federico decidió ofrecerle la isla de Hven como feudo a su cargo. Junto con ella podría disfrutar también del presupuesto necesario para que construyera el edificio que mejor conviniera a sus intereses. No obstante lo difícil que resulte creerlo, el desnarigado danés no aceptó de inmediato. Permaneció

por un tiempo —no mucho— cavilando y sopesando las ventajas y desventajas de la propuesta. Al fin accedió. La necesidad de establecerse en un lugar que le permitiera iniciar su proyecto de observaciones programadas, el dinero que recibiría por los ingresos del feudo, junto con la baja carga de compromiso que esto representaba, la incomodidad que surgiría de la mudanza a otro país y la difícil situación social que vivía con la mujer que había escogido para procrear a sus hijos, lo convencieron de que la isla era la mejor opción.

Además, el hecho de que el rey le ofreciera un feudo traía implícita la aceptación de su difícil circunstancia conyugal y la venia real siempre significará un alivio, aun para el más díscolo de los hombres.

El diseño humanista de Uraniborg lo elaboró Tycho con base en todos los preceptos arquitectónicos del renacimiento. Sus medidas estaban pensadas y calculadas para reflejar el orden del cosmos y de la tierra. En el siglo anterior los arquitectos italianos habían introducido en la arquitectura el concepto de proporción humana. La idea consistía, en términos generales, en tomar cierto número como proporción tanto para cada parte individual de un edificio (como son los cuartos, torres, ventanas, etcétera), como para la construcción completa (por ejemplo, la fachada, etcétera), tal y como sucede entre los huesos de la mano y el resto de las partes del cuerpo humano. Resulta que la proporción que existe entre el tamaño de los huesos de la mano es la misma que hay entre el tamaño de muchos de los demás huesos del cuerpo. Tal proporción se conoce como "proporción áurea" y fue muy utilizada por los artistas del renacimiento. Nosotros ahora somos incapaces de distinguir un edificio construido con esta proporción de otro, pero para los educados ojos de la época dicho estilo era evidente y deseable.

El castillo de Urania fue construido sobre la isla con las más elevadas expectativas que se podían pedir en su época. Debía servir como habitación del señor feudal, con todo



Planos para la construcción de Uraniborg.

el esplendor concomitante, y también como el observatorio mejor equipado de su tiempo.

La construcción de Uraniborg duró cerca de cinco años: desde 1576 hasta 1581. Al mismo tiempo, el rey construyó su castillo propio, de dimensiones mucho mayores, y que alcanzaría la fama inmortal con el nombre de Elsinor (original Helsingør), morada del ficticio príncipe Hamlet en la famosa obra de Shakespeare. En los tiempos de gloria del castillo de Tycho se contaban asombrosas historias de él, entre ellas la de Jeppe, un enano que vivía allí y del cual Tycho afirmaba que poseía dotes de preciencia. Por ello lo consultaba buscando consejo cuando surgía algún contratiempo.

La originalidad era un atributo del castillo. En ningún otro se vivía el ambiente que se respiraba allí. Lo visitaban reyes, profesores y personalidades de todo tipo, algunos para conocer las maravillas que contenía, otros para participar en el escudriñamiento del cosmos, en su observatorio propio, junto al astrónomo real; con suerte podrían colaborar en desentrañar algunos de los acertijos cosmológicos. En sus recintos se podía encontrar la mayor colección de instrumentos astronómicos de medición, apostados todos en batería, dispuestos para reformar la astronomía. Eran también los más finos, los mejor diseñados y los más precisos. Con ellos Tycho analizó, una a una, mil estrellas. Su posición y su brillo quedaron capturados en la colección que al final fue tan grande como la de los grandiosos astrónomos antiguos, sólo que ésta era más confiable. Los trayectos del sol, la luna y todos los planetas conocidos en su época serían registrados con estos aparatos y quedarían asentados en el catálogo donde algún día se podría leer la coreografía de la danza de los dioses.

Tycho vivió trabajando intensamente en su isla hasta 1597. A lo largo de 16 años recolectó estrellas para su colección e intentó interpretar el cosmos. Las circunstancias que lo orillaron a abandonar, no sólo su castillo, sino su patria, son las antípodas de las que lo invitaron a vivir

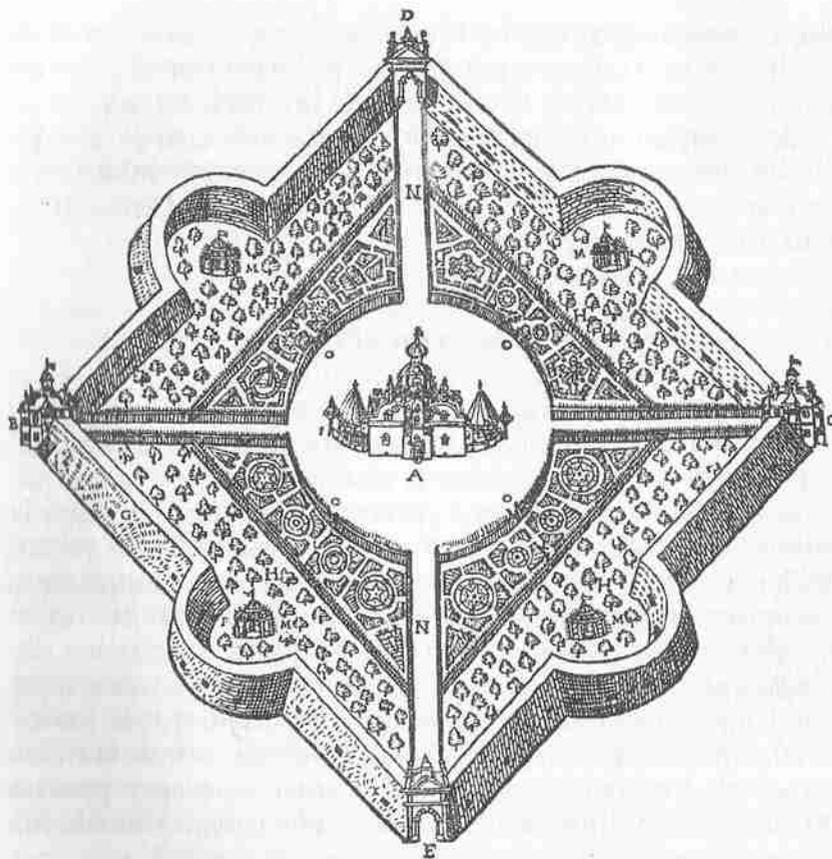
allí. La concesión real del feudo de Hven confería la isla a Tycho sin renta alguna para que la habitara por el resto de su vida. Tristemente, lo que parecía un buen arreglo no se pudo completar. El tiempo fue despiadado con él, con su obra y con su castillo. La construcción no existe más, la isla ha vuelto a ser un lugar remoto y olvidado en Dinamarca, y su obra es hoy ignorada.

Un surco en el cielo

El 13 de noviembre de 1577, cinco años después de su encuentro con la nova, recibió un nuevo regalo de Urania. Sentado distraídamente junto a una laguna de la isla de Hven donde acostumbraba pescar para la cena, volteó la mirada hacia el rosado crepúsculo y descubrió un punto brillante cerca del horizonte. Lo miró fijamente intentando reconocerlo, pero, al cabo de un rato, decidió que no se trataba de una estrella conocida. A medida que la luz del día menguaba, el punto se fue convirtiendo en una raya, en un surco luminoso suspendido en el cielo que lo invitaba al destino. La descripción la conocía de sobra, la había estudiado hasta el cansancio formando una imagen precisa en su mente, y ahora la tenía frente a él: nunca antes había visto un cometa.

La aparición le permitió salvar un día de trabajo flojo. Esta vez, su labor no sería tan fácil. Medir la distancia y la posición de un objeto en movimiento presenta mayores dificultades que las de un objeto fijo. Además, los cometas sólo pueden ser vistos al amanecer o al anochecer, lo que deja poco tiempo para trabajar con ellos. Éste era un reto a la altura del mejor astrónomo danés. Emplazó sus instrumentos en las posiciones óptimas y se dispuso a obtener la mayor información posible sobre el comportamiento del cometa.

Le tomó cuando menos diez días conseguir una primera medida satisfactoria y casi los tres meses completos en



Vista aérea de Uraniborg.

los que el cometa fue visible encontrar datos definitivos. Para el 26 de enero del siguiente año, último día en que el cometa pudo ser visto, los resultados eran concluyentes: el visitante se encontraba a una distancia de 230 radios terrestres en su punto más cercano a la tierra, mientras que la luna está solamente a 52. Además, resultaba evidente que en su andar giraba alrededor del sol, y no de la tierra. Las hipótesis de Tycho quedaban confirmadas; con esto tenía, por segunda vez, evidencia definitiva de que la idea de

cambio no era ajena al espacio supralunar. El cometa venía a corroborar las dudas que la nova había planteado. Definitivamente Aristóteles estaba equivocado en lo que al esquema cosmológico se refería.

Tycho no publicó sus resultados de inmediato; trabajó de manera intensa para componer un tratado exhaustivo que incluyera todos sus resultados y sus teorías. Este libro se llamó *Astronomiae instauratae progymnasmata*, o *Ejercicios introductorios para la restauración de la astronomía*, y estaba formado por dos volúmenes. El primero se llamó *De nova stella*, y el segundo *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* o *Sobre los más recientes fenómenos del mundo etéreo*. Aunque el primer volumen se publicó en 1573 y el segundo en 1588, en una edición de unas cuantas decenas de ejemplares elaborados en los talleres de Uraniborg, no fue sino hasta 1602, un año después de la muerte de Tycho, que la obra completa salió a la luz.

Como no podía soportar la espera que provocaban los retrasos en el trabajo de edición, se dedicó a medir. Las posiciones de las estrellas, las trayectorias de los planetas, el movimiento del sol y los viajes de la luna fueron entrando a sus registros uno a uno, cada día y cada noche. La gran colección de estrellas aumentaba lentamente. Las primeras mediciones sistemáticas las comenzó en el año de 1577. Fue la consolidación de un trabajo que no cesaría en todo el resto de su vida: la construcción de las tablas astronómicas más completas, más precisas y más consistentes elaboradas hasta entonces. Cada medida era corroborada noche tras noche, año tras año. Mucho después de su muerte su colección se continuó usando y, aun con métodos más avanzados, se han encontrado muy pocos errores en sus datos. La hazaña que esto representa para un hombre que trabajaba sin telescopio y prácticamente a la intemperie en las gélidas latitudes vikingas sólo se puede entender bajo la perspectiva de un carácter obstinado y decidido, que vivía bajo el hechizo pasional de su musa: Urania.

La inscripción a la entrada de Stellaeburg, el observa-

torio de Uraniborg, rezaba: "no son la riqueza ni el poder, es sólo el conocimiento el que perdura".

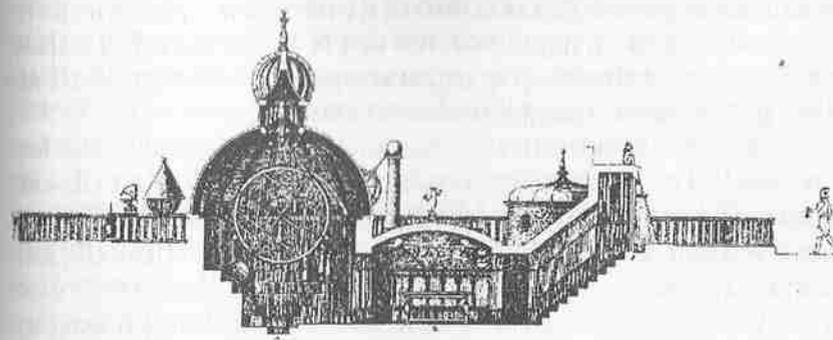
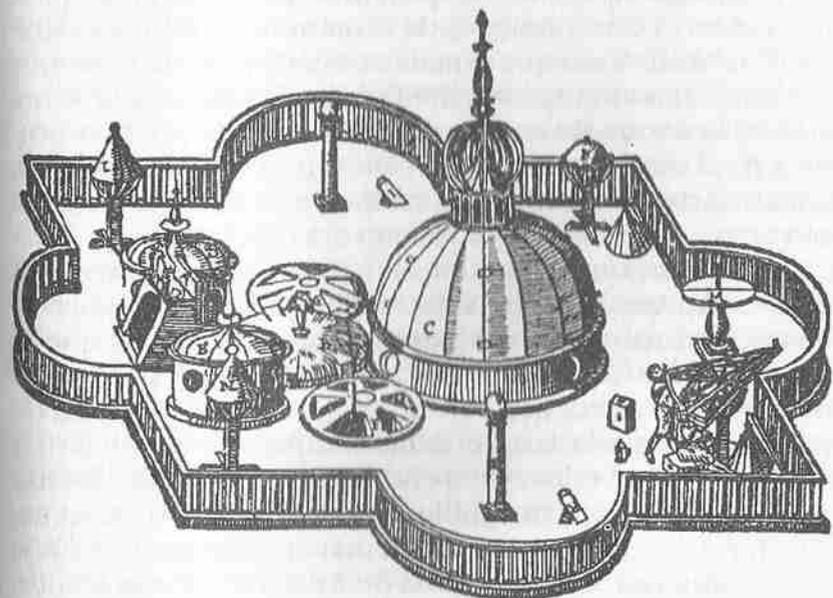
Un acto de magia

A finales del siglo xv y principios del xvi vivió un gran mago que llevó a cabo uno de los encantamientos más espectaculares de su época. Por supuesto esta taumaturgia no consistió en pequeñeces como convertir a un príncipe en sapo, envenenar una manzana o domar un dragón. El conjuro fue tan poderoso que según algunos iniciados sus efectos se pueden sentir aún el día de hoy.

Fue el magnífico mago Nicolás Copérnico, al publicar en 1543 su *De revolutionibus orbium coelestium* [*Libro de las revoluciones de las esferas celestes*] el primero en realizar el sortilegio. Mas el hechizo no resultó totalmente eficaz, la fórmula utilizada no había sido lo bastante potente: tenía fallas. Se necesitaría algo más para convencer a la mente de los hombres para que pensarán en el sol como el regulador de las órbitas planetarias. Hubo que esperar la aparición de un científico para hacer que los astros ocuparan, de una vez por todas, sus lugares definitivos. Ese científico se llamó Isaac Newton, pero ésa es otra historia y ha sido ya narrada en otra parte.

Europa fue encontrando los antiguos textos griegos lentamente, poco a poco. Entre los primeros en aparecer, a mediados de la edad media, estuvieron algunos de los escritos por Aristóteles y Tolomeo. Pero más tarde, ya hacia finales de ese lapso, aparecieron textos desconocidos de Platón, del mismo Tolomeo y de un personaje oscuro y mágico llamado Hermes Trismegisto, así como obras de Aristarco y Arquímedes.* Todas ellas crearon un impacto atronador en el hombre europeo de los siglos xiv y xv.

*Véanse, en esta misma colección, *El renovador involuntario. Nicolás Copérnico*, de Sergio de Regules, *El inglés de la manzana. Isaac Newton*, de Bram de Swaan, y *El matemático que defendió su ciudad. Arquímedes*, de Juan Tonda.



Vista aérea (arriba) y lateral (abajo) de Stellaeburg, el observatorio de Uraniborg.

La geografía de Tolomeo explicaba cómo la tierra era redonda y daba medidas al respecto. Con esto inspiró a cierto navegante genovés a realizar un decisivo viaje de negocios que amplió dramáticamente el panorama intelectual de Europa. Los libros de Arquímedes ejemplificaban el uso de una de las armas más potentes que se conocen para avanzar en el conocimiento de la naturaleza: las matemáticas. Platón afirmaba que el macrocosmos y el microcosmos estaban íntimamente conectados; de esta manera se tenía ahora una forma de explicar los fenómenos que uno provoca en el otro por medio de causas inherentes al cosmos mismo. Aristarco había colocado al sol en el centro del universo. . . ¿En el centro? ¿Cómo era esto?

Aristarco, que nació unos cuantos años después de la muerte de Aristóteles, había realizado cálculos sobre el tamaño del sol y encontró que era mucho mayor que la tierra. Su intuición chocaba con la idea de que un cuerpo grande girara alrededor de otro menor, y se convenció de que era la estrella la que debía ocupar el centro de las órbitas. Sus novedosas enseñanzas tuvieron que luchar contra las afirmaciones de los grandes maestros griegos, Platón y Aristóteles, y perder. La mayor influencia de éstos logró minimizar las propuestas de Aristarco, manteniendo al universo geocéntrico como el de mayor aceptación para la idiosincrasia griega, por no decir la medieval. Dichas propuestas tuvieron que esperar aproximadamente 18 siglos para volver a ser tomadas en cuenta.

Dentro del tumulto que significó el arribo de todos los nuevos libros, aparecieron trabajos crípticos y misteriosos; gente de la que no se había oído hablar nunca pasó a ser muy leída y estudiada debido a lo controvertido de sus aseveraciones y a la resonancia que éstas obtuvieron con las nuevas proposiciones ideológicas que se venían gestando. El caso más curioso, así como el más importante, es el de un tal Hermes Trismegisto. Personaje de la mitología egipcia, se suponía durante el renacimiento que había sido contemporáneo de Moisés entre los siglos XII y XIII a. C. La

aparición en Occidente de sus trabajos provocó una revuelta intelectual con repercusiones insospechadas. A este señor se le había ocurrido escribir una historia de la creación alternativa a la descrita en el Génesis. En ella aseguraba, igual que la tradición católica, que dios había creado al hombre con su misma imagen y a su semejanza, pero existía una sutileza: mientras que para la Biblia el hombre sólo se parece a su dios en imagen, en los tratados herméticos se le asemejaba también por la capacidad de crear. Según los católicos el hombre, aunque racional, existía para contemplar y adorar al creador, y sería un insulto contra la divinidad trabajar sobre pretenciosas creaciones reservadas para seres superiores. Ahora aparecía una propuesta donde el hombre podía emular la creatividad divina inventando aparatos y fabricando utensilios que facilitarían su trabajo. Podría morder la manzana sin remordimientos. Según Hermes, la recompensa por aprender los secretos de la naturaleza sería lograr vida y juventud eternas, así como liberarse tanto del deseo —esa desagradable debilidad del espíritu del hombre— como de las enfermedades, —no menos desagradable cualidad que aqueja al cuerpo material del mismo—.

La interpretación más común que se tiene de esa refulgente época conocida como renacimiento la describe como el arranque de la era moderna, como una especie de prólogo o preludio que sirvió para hacer desaparecer ataduras materializadas en forma de dogmas religiosos y para madurar nuevas concepciones que podemos disfrutar hoy.

Es debido a esto que ciertas actitudes renacentistas no quedan claras: la alquimia, ¿es renacentista o medieval? Si es renacentista, ¿qué tiene que ver con “científicos” como Copérnico o Leonardo da Vinci? O bien, ¿sería justificable —desde nuestra perspectiva— llamar retrógrado a alguien de fines del siglo XVI que propusiese que la tierra, y no el sol, es el centro del cosmos, cuando Copérnico antes que él afirmó lo contrario? ¿Tendría razón la historia de la ciencia en despreciar hoy a este hipotético personaje,



Nicolás Copérnico

reclamándole su desatino? Tycho Brahe no tuvo reservas para sostener precisamente este “retroceso” y ha recibido el ingrato premio de ser ignorado; sin embargo es común encontrar referencias a él como el astrónomo más grande de su tiempo.

Copérnico no conocía ninguna razón científica para sugerir el cambio de papeles entre el sol y la tierra. De hecho, su teoría nunca pretendió romper con la física aristotélica. Para elaborarla usó un argumento técnico —no le gustaba la idea tolemeica del ecuante— y también echó mano de un argumento hermético.

Tanto para Platón como para Hermes y las primeras generaciones de renacentistas italianos, la luz era toda pureza, la manifestación más bella y perfecta, el único vínculo con las estrellas que inunda todo el espacio con su inmaterial presencia. No es extraño que la gran mayoría de las culturas la hayan asociado con conceptos de bondad.

Marsilio Ficino fue una de las figuras italianas más influyentes del siglo xv. Tradujo por primera vez todas las obras de Platón directamente del griego al latín. También tradujo las de Hermes Trismegisto, con el impacto que ya hemos descrito líneas arriba. El mismo fue víctima de ese impacto, y lo dejó claro al componer un poema dedicado al objeto celestial más venerado por los habitantes conscientes de este planeta: el sol. Aunque esta obra no trascendió a su época, el estímulo que produjo durante los años de vida de su autor fue fértil. En particular, al caer en manos del joven Nicolás Copérnico durante su estancia en Italia, provocó profundas reflexiones en el futuro canónigo que lo llevaron finalmente a comprender el relevante papel que el astro rey debería desempeñar dentro de la distribución del cosmos. Después de muchos años de concienzudo trabajo terminó su propuesta cosmológica pero, debido a su timidez, no la publicó sino hasta ya muy avanzada su vida, tanto así que por poco no le alcanzan los días para ver publicado su libro de las revoluciones celestes: el primer ejemplar le fue llevado por uno de sus

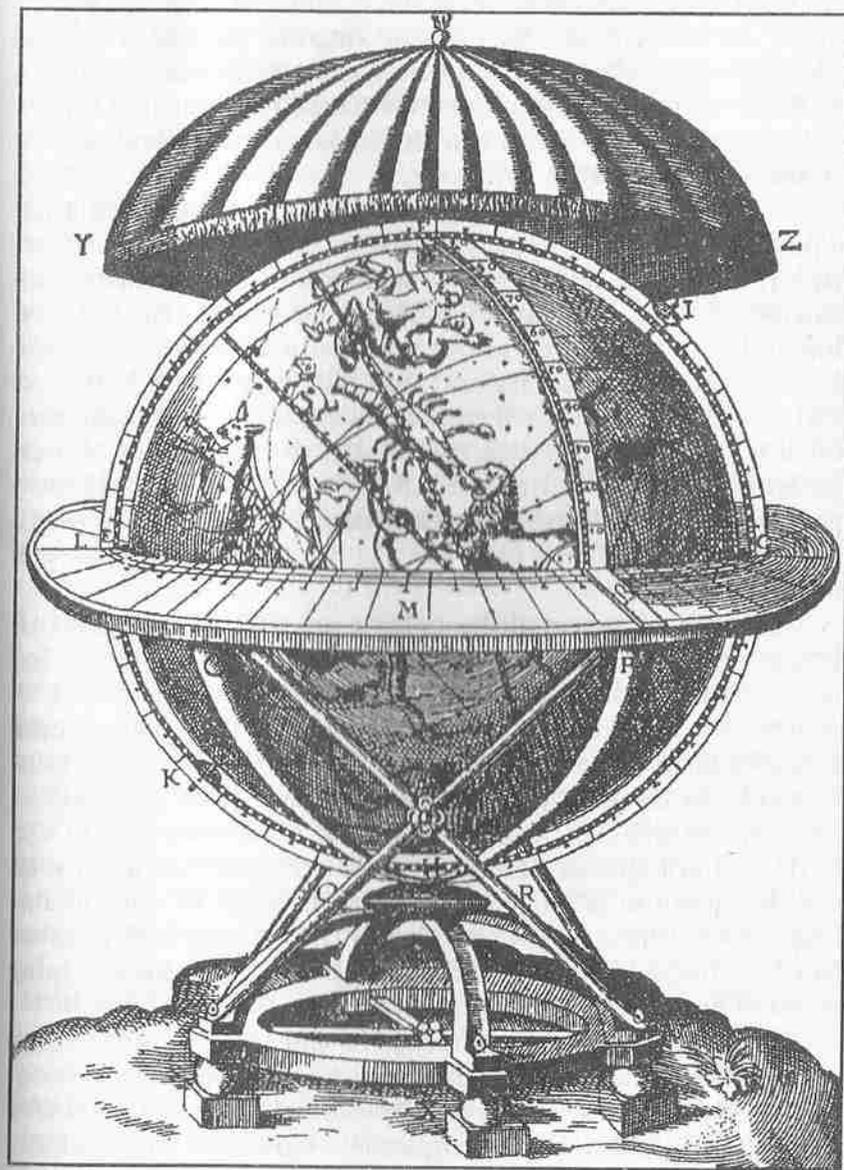
discípulos hasta su lecho de muerte. Pocas horas después de haberlo revisado con la vista nublada y moribunda, dejó de existir. No importaba dejar este mundo: el gran acto de magia se había llevado a cabo. En su imaginación había visto cómo el sol y la tierra cambiaban posiciones; así el sol pasaba a ocupar el centro del mundo y los planetas vivirían persiguiendo órbitas aristotélicas en torno a él: primero Mercurio seguido de Venus, la tierra, Marte, Júpiter y Saturno. Que el encontrar este arreglo le hubiese llevado toda su vida, de principio a fin, resultaba una nimiedad frente a la grandeza de haber logrado su objetivo. Con esto abrió un verdadero espacio para la duda, provocando que la idea de un universo heliocéntrico se alojara en la mente del hombre y se iniciara un intenso y duradero debate en busca de una respuesta definitiva.

Como toda buena propuesta revolucionaria, el encantamiento copernicano no fue admitido de inmediato. Es más, no se puede afirmar que haya sido alguna vez la teoría más aceptada. Aunque defendida con entusiasmo por gente como Galileo, durante largo tiempo estuvo a la zaga de las diferentes teorías geocéntricas. La fórmula usada para el embrujo no era potente.

Métrica celeste

Durante el renacimiento se usaban instrumentos de tres tipos para hacer mediciones astronómicas: globos celestes, esferas armilares y cuadrantes. Hoy, con la posible excepción del globo celeste, no nos es familiar ninguno de ellos.

Como su nombre lo indica, el globo celeste no es más que una esfera parecida a un globo terráqueo que contiene en su superficie un mapa de las estrellas a manera de proyección. Para poder construir un globo de este tipo se necesita conocer las posiciones de las estrellas que se van a incluir en él. Desde luego, cuanto más precisas sean esas mediciones mejor funcionará el mapa.



El gran globo celeste de Tycho mostraba la localización de mil estrellas distintas.

Tycho trabajó con un globo celeste a lo largo de 25 años. Alrededor de 1595 era su orgullo presumir que el globo incluía mil estrellas. Con metro y medio de diámetro, su impresionante aspecto servía para provocar una corrosiva envidia en los reyes, condes, maestros universitarios y demás visitantes de Uraniborg.

La construcción de su globo celeste le llevó diez años a partir de 1570. Encontrar artesanos suficientemente competentes que le fabricaran los instrumentos con las especificaciones y el rigor impuestos por su trabajo fue uno de los mayores dolores de cabeza de Tycho. Por eso, en cuanto tuvo oportunidad, instaló un taller propio en la isla de Hven. Allí trabajaban artesanos entrenados por él, fabricando los diseños originales que salían de su mente. Nunca permitió que visitante alguno observara el trabajo realizado por sus colaboradores. Fue otra de las aportaciones originales de Tycho, ¡pero esta vez a la práctica de los secretos comerciales!

En el siglo XVI un globo celeste era un instrumento útil como referencia rápida para conocer las posiciones de los astros que se tenían coleccionados, pero no era un instrumento de medición. El instrumento clásico para medir posiciones era el cuadrante. Consistía de un arco de circunferencia orientable y graduado en fracciones de grados. Para orientarlo, se podía hacer girar alrededor de un eje vertical para ajustar el azimut y de otro horizontal con el que se ajustaba la altitud. Se usaba dirigiendo uno de sus dos radios libres, al que previamente se le colocaban unas mirillas, hacia alguna estrella. La altitud se leía directamente en el arco y el azimut en la base del mismo.

El arco del primer cuadrante que construyó Tycho medía cinco metros y medio. Era tan pesado que se necesitaron cuarenta hombres para trasladarlo hasta su posición definitiva. Su manejo era engorroso. Costaba tanto trabajo orientarlo que sólo alcanzaba tiempo para hacer con él una medición cada noche. Pronto Tycho lo abandonó para diseñar y construir otros más eficientes. ¿Por qué entonces

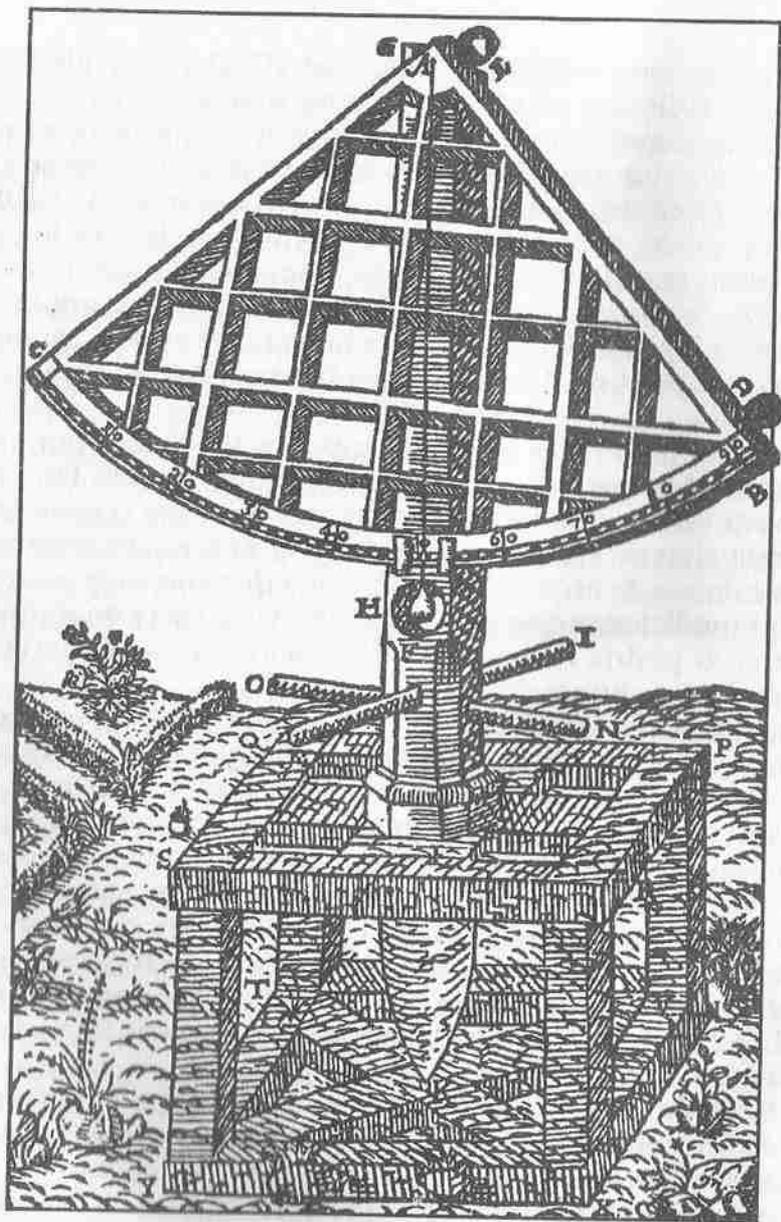
tomarse tanto trabajo en armarlo? ¿Cuál era la idea de Tycho al diseñar un instrumento tan grande?

Pensemos por un momento que tenemos dos circunferencias concéntricas, una mayor que la otra. Si trazamos desde el centro dos líneas que formen entre sí un ángulo de un grado, el tamaño del arco que forman las dos líneas al cortar la primera circunferencia será menor que el arco que se forma en la segunda. Así, si las queremos graduar, al tener la segunda separaciones más grandes podrá ser más precisa, pues en ella podremos hacer subdivisiones más finas.

Ésta era la idea que perseguía Tycho Brahe, por eso necesitaba que sus cuadrantes fueran grandes. En una época en que los instrumentos más precisos tenían una resolución de cinco minutos de arco, él buscaba alcanzar un minuto de arco. Ésa fue su lucha durante toda la vida. Con mediciones que pudieran garantizar hasta un minuto de arco podría realizar su restauración de la astronomía sobre bases firmes.

El cuadrante mural se construyó en Uraniborg con esta idea. En una de las paredes del castillo, orientada de este a oeste, empotró un arco de 90 grados hecho de bronce. El radio del arco era de dos metros, lo que le permitió graduarlo en sextos de minuto. De entre los muchos instrumentos usados en Uraniborg, había dos que se distinguían por su desempeño y precisión, pero éste era el más socorrido por el señor de la casa. Su manejo requería tres personas para que tomaran las medidas y lo orientaran. Con él Tycho estaría suficientemente bien armado para el galanteo con Urania.

La de la astronomía no es la única musa que juguetea con el espíritu aventurero del hombre; de hecho son nueve las volubles damas dispuestas en algunas ocasiones a colaborar y en otras a confundir el juicio de sus enamorados. Clío, musa de la historia, se confabuló con Urania para atraer a Tycho hacia sus brazos con promesas de éxito para, al fin de cuentas, desairarlo.



Este cuadrante fue el instrumento más grande diseñado y construido por Tycho Brahe.

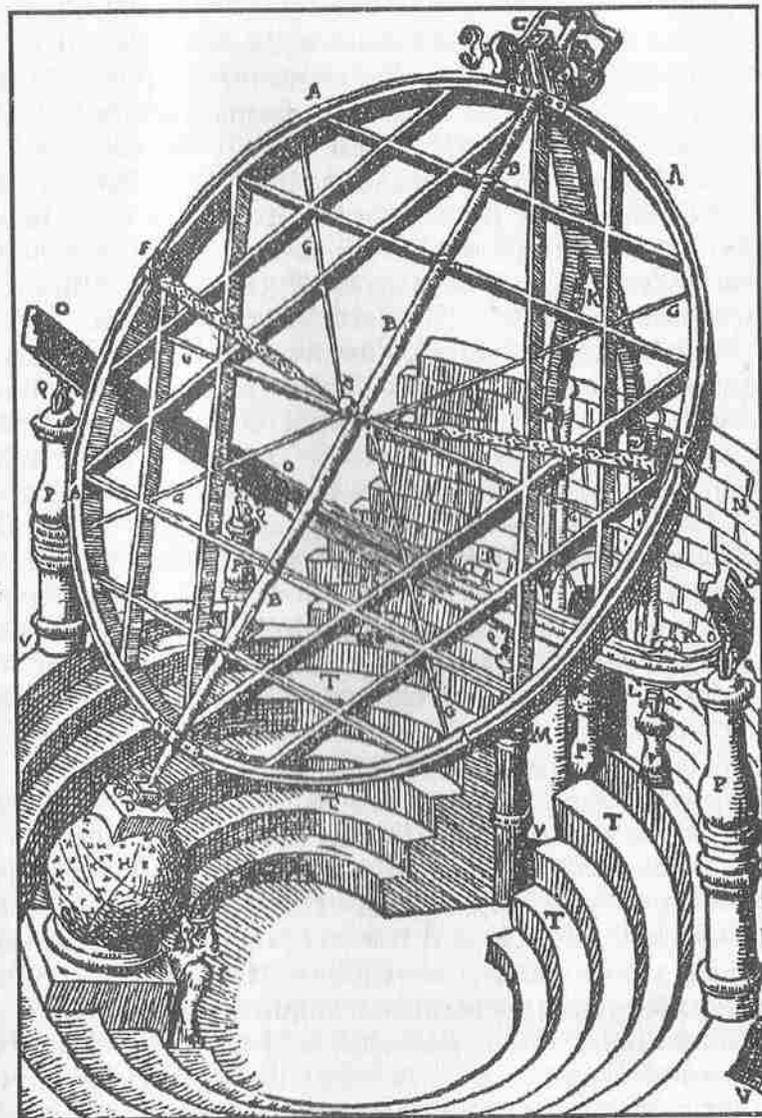
El arrogante danés siempre estuvo seguro de avanzar por el camino correcto. Para él era clarísimo: Tycho Brahe estaba destinado a restaurar la astronomía; era el mejor y definitivo amante de Urania. No había en Europa instrumentos mejores que los suyos. No conocía a nadie que hiciera un trabajo astronómico más cuidadoso que él. Hacia el final de su vida era, sin lugar a dudas, el más prominente astrónomo de su época y él le agradecía de mil formas a su musa por los favores. Es en este momento que aparece Clío en escena. Si Urania tuvo algunas condescendencias para con Tycho, la musa de la historia no. ¿Cómo podía saber Tycho que incluso mientras él pregona su supremacía ya deambulaba por Europa un joven llamado Johannes Kepler, consentido del par de musas, que usurparía su lugar y daría el auténtico primer paso para restaurar la astronomía usando las mismas mediciones que tanto trabajo le había costado coleccionar al propio Tycho? ¿Cómo podía saber que aproximadamente diez años después de su muerte sus orgullosos instrumentos pasarían a ser obsoletos y ya nadie pensaría siquiera en ellos?

La gran esfera armilar fabricada en los talleres de Uraniborg condensaba todas las virtudes de que un instrumento de medición puede presumir. Maniobrabilidad, precisión, elegancia y comodidad eran los atributos que permitían a Tycho Brahe declararlo como el mejor de sus aparatos. No obstante que su precisión no era mejor que la del cuadrante —tan sólo un cuarto de grado— su fácil manejo la colocaba en primer lugar por su eficiencia.

Un armilar tenía el mismo propósito que un cuadrante, pero mientras que el diseño de éste estaba dirigido a encontrar la posición de las estrellas que se mantienen fijas en algún punto de la bóveda celeste, el armilar se desempeña mejor midiendo el recorrido de los planetas dentro de la franja del zodiaco. De esta forma, la construcción de este aparato quedaban cubiertos todos los aspectos del trabajo astronómico.



El gran cuadrante mural estaba empotrado en una de las paredes de Uraniborg.



Con la esfera armilar Tycho fue capaz de medir la posición de todos los planetas visibles a simple vista.

Los tres reyes mecenas

Tycho Brahe se separó del castillo de Urania en 1597 para dejar Dinamarca y no regresar nunca más. La situación política y cultural había cambiado dramáticamente desde la muerte del rey Federico II en 1588, y se había vuelto insoportable para él. Las circunstancias lo orillaron a emprender una difícil peregrinación que lo llevaría hasta Praga, donde el emperador Rodolfo II lo recibiría, a decir de las necesidades de trabajo de Tycho, con demasiada alegría, nombrándolo incluso astrónomo imperial.

Mientras el rey Federico estuvo con vida se encargó de que a Tycho no le faltara nada y le cumplió cada uno de sus caprichos. Lo proveyó siempre con el presupuesto exigido, aun cuando era evidente que Tycho se estaba sobrepasando en sus peticiones. Nadie había recibido nunca un financiamiento tan elevado como el que disfrutaba Tycho Brahe. Para él cualquier cantidad era insuficiente si se trataba de construir aparatos y de hurgar en el cosmos. Era un auténtico agujero negro. A lo largo de los años se las arregló, no sólo para retener, sino para aumentar sus entradas respecto al acuerdo original con el que le fue concedida la isla de Hven. Para un rey carente del gusto por el conocimiento habría sido impensable sangrar el presupuesto con tan grandes cantidades de dinero asignadas al rubro cultural. En cambio, Federico II estimaba a Tycho y justificaba su presencia como su astrónomo preferido argumentando que los servicios que le brindaba eran excelentes: lo proveía con horóscopos para cada uno de sus hijos y lo mantenía al tanto de todos los portentos astronómicos para prevenirlo de alguna calamidad.

Sin embargo la irresponsabilidad fue el sello de Tycho como administrador. Estar al frente de un feudo conlleva una serie de labores cotidianas que representan una carga económica importante. Tycho nunca ocultó que sus intereses estaban más a favor de la astronomía que del trabajo del feudo y, así, siempre que pudo, desvió fondos destina-

dos para reparar tal construcción o pagar tales salarios hacia las labores concernientes a su trabajo de investigación. Esto le valió algunas reprimendas del rey que, sin embargo, supo capotear conteniendo su espíritu iracundo y voluntarioso.

Tycho Brahe no era un tipo fácil de tratar. Poseía un temperamento altanero, arrogante y obstinado, y cuando se trataba de defender sus intereses no conocía límites. Seguramente las libertades que Federico le permitía lo acostumbraron mal y le hicieron suponer que cualquiera soportaría su comportamiento. Mas estaba equivocado.

Christian IV, hijo de Federico II, heredó el trono real en 1588, a los 11 años de edad, pero fue coronado en el año de 1596, cuando estuvo en condiciones de asumir el cargo. Con marcadas preferencias hacia la milicia, involucró a su país en una serie de guerras con diferentes estados del norte de Europa, de las que no siempre salió bien librado. Arengado por algunos miembros del Rigsraad o parlamento, envidiosos de la situación privilegiada del astrónomo predilecto del rey Federico, y también inducido por el carácter descarado de Tycho, redujo fuertemente el presupuesto concedido al feudo en la isla de Hven para reorientar el dinero hacia empresas "más importantes". El ejército, por ejemplo. Obviamente el impulsivo astrónomo protestó por el injusto trato, pero esa vez no tuvo éxito. Estos dos hombres inauguraron la hoy cotidiana lucha entre promotores de la cultura y promocionados cultos, en la que éstos exigen mayor financiamiento para la "indispensable" labor intelectual y aquéllos se "ahorran" hasta el último centavo del presupuesto.

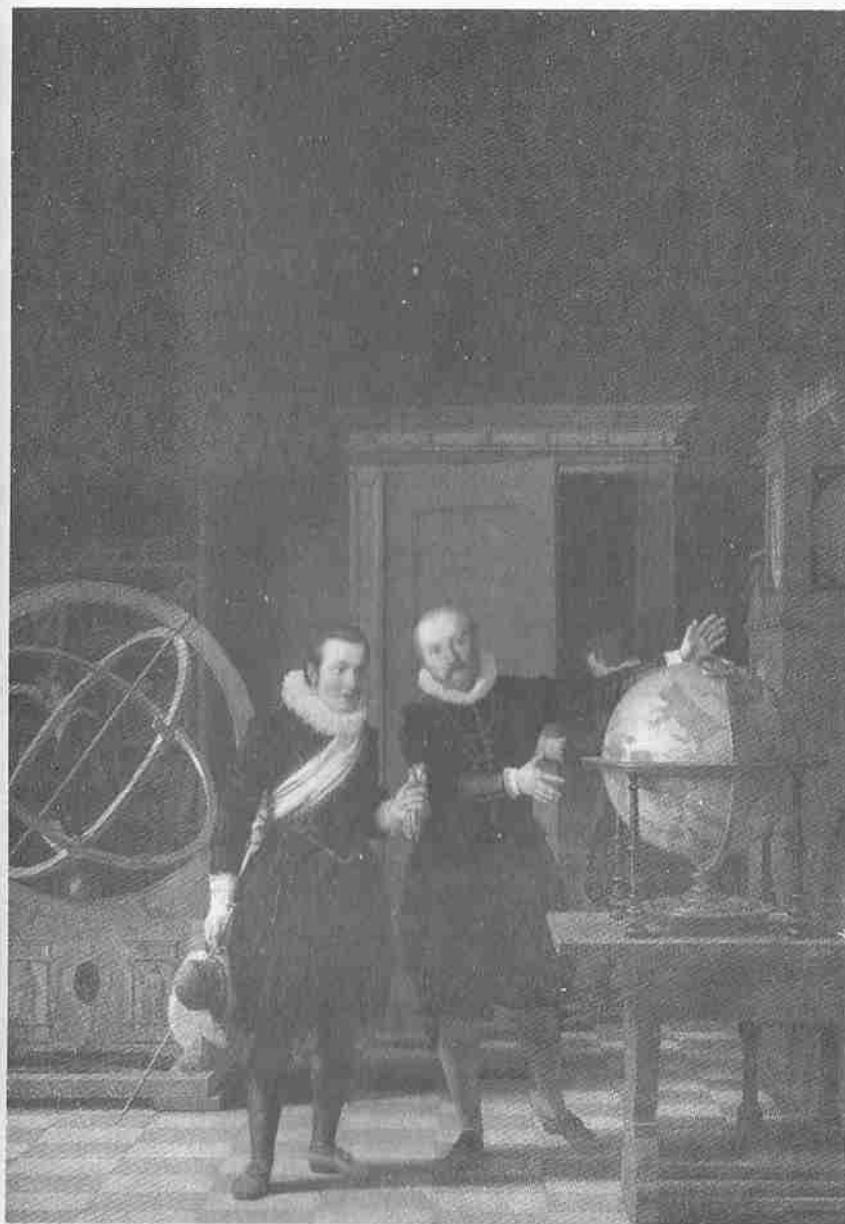
Con esto comenzó el molesto protocolo de entregar informes de avance, informes de planeación, informes para justificar gastos, en fin, informes para todo. Llegó el momento en que Tycho no hacía ya astronomía sino burocracia. En su descontento profirió varias amenazas serias de abandonar Dinamarca, pero fueron desoídas.

Sin embargo, Tycho había cometido varios errores

cruciales en su relación con el nuevo rey. No se había comportado a la altura de las circunstancias y lo estaba pagando. A dos años de la muerte de Federico II, el joven Christian acudió a visitar la tumba de su padre que había sido enterrado en Roskilde, uno de los feudos bajo el mando de Tycho. Su sorpresa fue grande cuando encontró una capilla real semiderruida, que no había recibido ningún tipo de atención en mucho tiempo. Turnó a Tycho varias recomendaciones para que mandara arreglar la tumba de su amigo y patrono; fueron ignoradas. No fue hasta que envió la amenaza de retirarle la responsabilidad del feudo que Tycho reaccionó y mandó reconstruir la capilla, mas aun así el desvergonzado Tycho tuvo el descaro de pedir permiso para cambiar la cúpula por un techo plano, que resultaba más barato.

Éste es sólo uno de tantos ejemplos del descuido administrativo de Tycho. Después de esta anécdota el rey Christian sufriría irrefrenables ataques de furia cuando Tycho le exigiera mayor aplicación en el presupuesto asignado a su trabajo. Trataba mal a sus sirvientes, e ignoraba todas las normas de protocolo. En fin, que Tycho nunca le proporcionó pretextos a Christian para que lo tratara bien.

No sin hacer algunos intentos extra por convencer al rey de que le garantizara su ventajosa posición, fue empacando sus pertenencias para iniciar su viaje hacia el continente. Mas el rey no cambió su trato hacia el insolente Brahe y la situación fue empeorando. Varios de los feudos asignados a su cargo le fueron retirados para aparecer en manos de la gente del Rigsraad cercana al rey. Personas que jamás ocultaron su envidia por la fortuna que disfrutaba Tycho se encargaron de hacerle la vida difícil. La situación de supuesta ilegalidad que mantenía con Kirsten fue blanco fácil de maledicentes ataques. En cuanto quedó claro que Tycho ya no disfrutaba de privilegios de ningún tipo, la nobleza comenzó a cobrarse por las excentricidades del astrónomo acusándolo y reprochándole que hubiese vivi-



Tycho Brahe y el joven rey Christian IV admiran el gran globo celeste.

do 18 años con una concubina. Sumamente molesto tomó la resolución definitiva: dejaría esa Dinamarca que tan anhelosa estaba de mostrarle que no sabía valorar la presencia del astrónomo más importante de la época, e iría a algún otro reino que sí entendiera su posición.

En el último viaje del danés, que lo llevaría fuera de su patria, le sería imposible cargar con los aparatos más grandes y pesados que, por desgracia, eran los mejores; sólo podría llevarse consigo los más pequeños y, por lo tanto, menos sofisticados. En realidad, al abandonar Dinamarca no tenía un destino predeterminado. Más que emprender un viaje, estaba huyendo de una situación desagradable.

Mientras Tycho deambulaba por algunas ciudades europeas, Rodolfo II, jefe del Sacro Imperio Romano, supo de sus desventuras y lo invitó a establecerse en Praga como astrónomo imperial, invitación que aceptó de buena gana; al fin y al cabo, Praga no estaba tan lejos.

La llegada de Tycho a Praga significó un auténtico atentado contra su exacerbado orgullo. Nunca antes había tenido que pedir algo; siempre había exigido. Las circunstancias de su vida habían sido tan favorables que las había podido manejar a su antojo. Ahora, frente al emperador del estado más importante de Europa, su actitud tenía que ser humilde. Lo importante para él fue que supo manejar la situación y obtener lo mejor para su causa.

No llegó a Praga sino hasta 1599, dos años después de su salida de Dinamarca y dos antes de su muerte. Su estancia en esta ciudad estuvo marcada por una constante lucha entre el tiempo necesario para el trabajo y el demandado por los asuntos oficiales. Era una ironía que justo hacia el final de su vida tuviera que ceder en este aspecto tan aborrecido por él y al que sólo le había concedido el tiempo que había querido. Su trabajo se vio empantanado y llegó hasta ser casi improductivo. Por ejemplo, nunca pudo reiniciar su programa de observaciones, y sólo alcanzó a calibrar los pocos instrumentos que había llevado consigo a lo largo del extenso viaje desde Uraniborg. De

seguro lo más importante que le sucedió en Praga fue haber conocido a Johannes Kepler.

Cuando Kepler llegó a Praga en 1599 para trabajar con Tycho, su obra *Mysterium cosmographicum* ya circulaba por Europa.* En ella había propuesto tal vez una de las más bellas ideas astronómicas que se hayan publicado. Usó para esto los cinco sólidos pitagóricos como sostén para cada una de las esferas celestes: entre las esferas de Júpiter y Saturno colocó un cubo imaginario, entre la de Saturno y Marte un tetraedro, entre la de Marte y la tierra el dodecaedro, entre la tierra y Venus el icosaedro y, finalmente, entre Venus y Mercurio el octaedro. Sólo existen cinco sólidos regulares —no se puede construir otro—, pero Kepler necesitaba justo cinco. Si en su época se hubiera conocido alguno de los planetas invisibles a simple vista la teoría no habría funcionado. El mayor problema que tuvo Kepler fue ajustar los tamaños de los sólidos a los de las órbitas. Sin embargo lo logró con relativo éxito y expuso su teoría en el *Mysterium cosmographicum*. Años más tarde, él mismo encontraría una teoría mejor que ésta; de hecho, su nueva teoría es prácticamente la que usamos hoy para describir los movimientos planetarios. Sólo que, para que Urania y Clio le permitieran la gloria, lo pusieron ante una dura prueba: Tycho Brahe.

Entre un aura de envidias y recelos, los dos hombres sabían que necesitaban uno del otro. Tycho era consciente de que este jovenzuelo de carácter sufrido e indeciso era el único con talento suficiente como para continuar su obra. La envidia provenía de saber que no él, sino Kepler, la culminaría. Kepler iba tras los datos del gran señor danés. Para lograr cristalizar sus proyectos necesitaba conocer con precisión extrema los movimientos de los planetas, y sobre eso había trabajado toda su vida Tycho. Sería ingenuo intentar imitarlo.

*Véase, en esta misma colección, *El arquitecto del cosmos. Johannes Kepler*, de Rafael Martínez.

El socorro de lo alto

¿Con base en qué argumentos podemos hacer evidente que la tierra tiene un movimiento de traslación? Esto es, nosotros parados aquí, sobre ella, no sentimos que se desplace a través del espacio; más bien la sentimos estable. ¿Cómo haríamos para convencer a alguien de que en efecto se mueve? La inteligente raza humana no pudo asegurar que la tierra viaja alrededor del sol hasta hace tres siglos. ¡Durante dos mil años, cuando menos, afirmó lo contrario! Todavía en el siglo XVI el argumento más convincente de que no se movía era que "no se siente que se mueva". Y lo que ocurre es que, en verdad, no se siente que se mueva, no se ve que se mueva. De hecho, simplemente haber logrado formular la idea de que se traslada a través del espacio representa un logro intelectual impresionante.

Hubo tres personas que propusieron seriamente la traslación de la tierra antes de que se encontrara una prueba experimental para ello. El primero fue Aristarco, casi un par de milenios después lo imitó Copérnico y cerca de cien años más tarde fue Kepler quien puso a viajar al grande y perezoso cuerpo terrestre. Los dos primeros usaron argumentos intuitivos y estéticos. Kepler logró armar un rompecabezas con el que todas las órbitas ajustaban, pero ninguno de los tres dio una demostración experimental de sus hipótesis. Y es que no podían darla. Su única oportunidad para detectar si la tierra se traslada o no era buscando algún posible movimiento respecto a las estrellas, pero para ellos era imposible encontrarlo.

Así como al viajar en carretera la perspectiva provoca que los árboles o las casas cercanas al automóvil parezcan retroceder más rápidamente que los más alejados, la tierra en su periplo alrededor del sol generará un efecto similar con las estrellas: las más cercanas parecerán moverse respecto a las más lejanas. Este efecto no se puede ver a simple vista porque las estrellas visibles más lejanas están muy cercanas. Entonces, se necesita usar algo que nos permita



Johannes Kepler

ver más lejos. Por definición, un telescopio. Ninguno de estos personajes poseía un telescopio, así que no podían verificar el movimiento aparente de las estrellas. Esta imposibilidad tiene consecuencias que Copérnico se vio obligado a aceptar: si el movimiento no se detecta es porque las estrellas están muy lejos, y esto deja un enorme y desaprovechado espacio entre ellas y Saturno, el último de los planetas conocidos en su época.

A Tycho Brahe, señor de Uraniborg, jamás le gustó esa consecuencia; le parecía un desperdicio que dios no se

podía haber permitido nunca. Esto, aunado a un franco rechazo al sistema heliocéntrico, lo orilló a pensar en un esquema alternativo para el sistema del mundo. El viejo sistema tolemeico quedaba descartado porque producía predicciones peores que las obtenidas por el modelo copernicano, que se adaptaba mejor a las apariencias. Además Tolomeo había tenido que usar la molesta idea del ecuante. Tanto a Tycho como a Copérnico este artilugio les parecía una aberración. Sin embargo, el arreglo tolemeico poseía las virtudes de un sistema geocéntrico que en opinión de Tycho tenían que ser aprovechadas. Por fin, casi contra cualquier esperanza recibió la ayuda de las alturas y se le ocurrió el arreglo de las revoluciones celestes por medio del cual su orden obtiene una disposición más conveniente. ¿Por qué no tomar lo mejor de cada sistema? ¿Por qué no mantener la tierra en el centro del universo, poner los planetas a girar alrededor del sol y a éste, junto con todo su séquito, alrededor de la tierra? Esto fue lo que pensó Tycho que podría funcionar. Habría que hacer algunos ajustes pero era una buena idea. Tomar, por un lado, la sensata física tolemeica, o mejor dicho aristotélica, y por otro la atinada geometría copernicana, y combinarlas. Con esto se mantenía intacta la filosofía y al mismo tiempo se salvaban las apariencias de la mejor manera posible.

Con este modelo fijo en la mente se dispuso a trabajar. Conocía los tamaños de las órbitas de cada uno de los planetas con la suficiente precisión como para que el trabajo valiera la pena. Las esferas de la luna, de Mercurio y de Venus ajustaban a la perfección, pero al querer incluir la esfera de Marte en el sistema se dio cuenta de que intersectaba la del sol, y esto no podía ser.

Uno de los conceptos que promovió interminables discusiones durante todos los siglos de ciencia antigua fue la postulación por Platón de las esferas celestes como sostén de los trayectos planetarios. Desde Platón hasta Tycho ha habido toda una gama de propuestas respecto a su esencia. Hubo desde quienes aseguraron que su natura-

leza era material, hasta los que dijeron que tan sólo eran esferas etéreas, pero a ninguno se le ocurrió negar su existencia. Fue el danés el primero en prescindir de ellas. Aunque su motivación original fue eliminar el serio problema que la presencia de las esferas le causaba para su sistema, su hipótesis estaba bien fundamentada por un sólido trabajo experimental. ¿No había cruzado el cometa por entre las esferas sin sufrir ninguna alteración en su trayectoria? ¿Cómo era posible esto? Para Tycho, la única opción acorde con el comportamiento del cometa y con su nuevo sistema del mundo era eliminar las esferas. Es difícil encontrar ejemplos anteriores a éste donde la teoría y el experimento se combinen para generar nuevas hipótesis, donde cada una sea guiada por la otra y juntas generen un conocimiento consistente. En la Grecia antigua sólo Arquímedes lo hacía sistemáticamente, y por eso no es raro que su famoso principio sea el único elemento de la física griega que aún se enseña en nuestras escuelas.

Colocar los orbes de Júpiter y Saturno no presentó ningún problema. De hecho embonaban muy bien. Debido a la propiedad de estos planetas, compartida con Marte, de cubrir toda la eclíptica en sus viajes a través del cosmos, era necesario que sus revoluciones englobaran a la tierra; Mercurio y Venus, por ser observados siempre cercanos al sol, debían seguir órbitas que no encerraran al centro del universo. La alegría de Tycho fue grande cuando pudo corroborar que estas necesidades teóricas eran plenamente satisfechas por sus datos.

La inclusión en el *De mundi*, redactado en 1588, de su propuesta para la organización de las órbitas planetarias dentro de la región comprendida entre el orbe de la luna y la esfera de las estrellas fijas, significó el punto cumbre en la carrera de Tycho Brahe. Se puede trazar un claro hilo conductor en su pensamiento desde sus especulaciones con la nova, su lucha por obtener datos confiables del trayecto del cometa, sus anhelos de mediciones precisas y sus cerca de trescientas observaciones anuales de la posi-

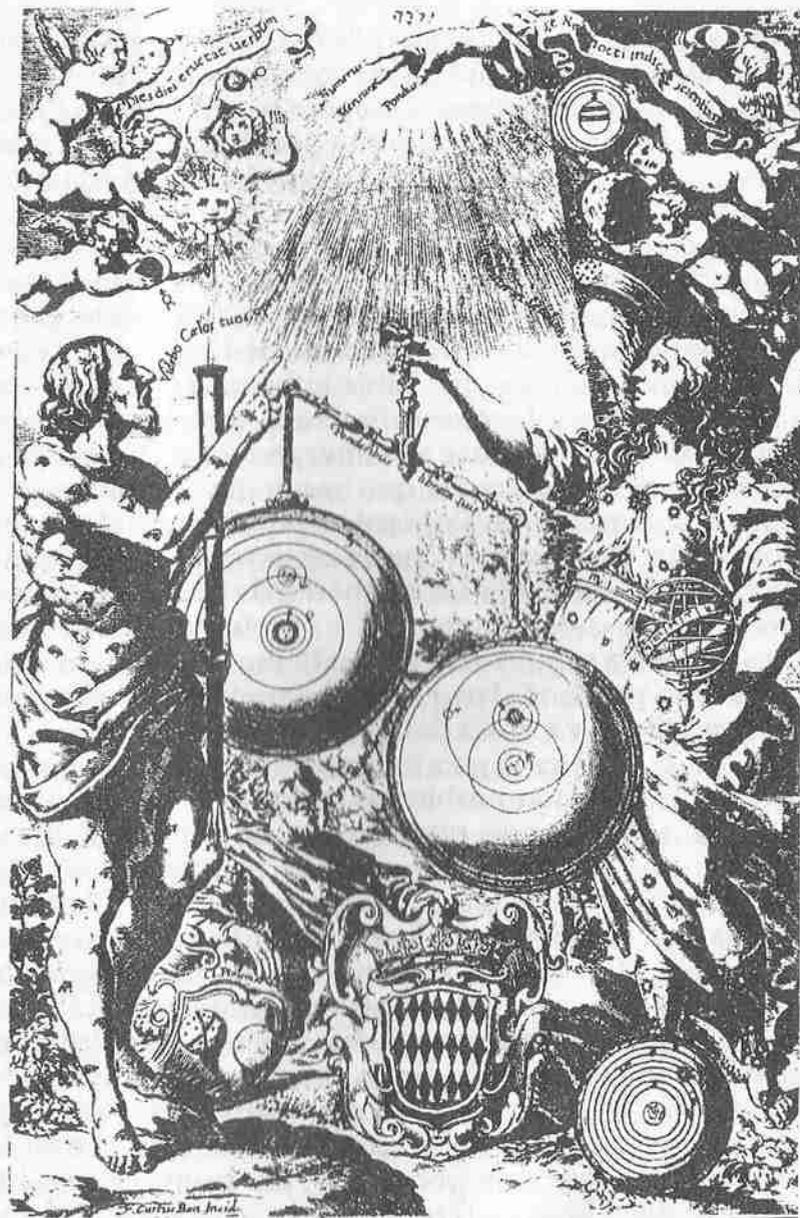
ción del sol y de los planetas. Todo eso estaba incluido en su arreglo planetario.

Tycho no ocultaba su orgullo por el sistema del mundo que había diseñado. Por fin surgía un sistema immaculado y que corregía todas las imperfecciones que arrastraban los otros dos. Un sistema que unificaba teología, filosofía y astronomía y que, además, salvaba las apariencias; un sistema que llevaba las posibilidades de una cosmología geocéntrica hasta sus últimas consecuencias; en pocas palabras, un portento. Así lo veía Tycho, que igual no necesitaba mucho para presumir de sus logros. Sin embargo, era la mejor representación del universo que se podía construir con lo que se sabía en la época.

Durante sus días el sistema recibió algunas críticas; la más importante: no proporcionaba una alternativa a las esferas celestes. ¿Qué es lo que sostiene a los astros? Tycho nunca dio una respuesta. Con todo, su sistema tuvo relativa aceptación. Todavía en el frontispicio del *Almagestum novum* de G. B. Riccioli, publicado en 1651, se representan los sistemas de Copérnico y de Tycho evaluados por una balanza que da más peso a este último.

Tycho no fue el único al que se le ocurrió la idea de poner al sol acarreado a los planetas en sus giros alrededor de la tierra. Hubo algunos otros que tímidamente plantearon algo parecido, mas fueron acosados e instigados, algunos de ellos hasta su lecho de muerte, por un furibundo Tycho, para que confesaran su cobarde plagio. Definitivamente, Tycho se tomó muchas molestias con estos contendientes que jamás habrían podido elaborar una propuesta tan acabada como la suya.

Mas Clío, en su perfidia, guardaba ciertas sorpresas para el soberbio astrónomo danés. Otra vez, ¿cómo podría saber Tycho que es el sol y no la tierra el que, finalmente, permanece fijo en el centro del sistema planetario? Todas las evidencias apuntaban a lo contrario. Todas. No había ni una sola prueba concreta de que no fuera así. Incluso las sagradas escrituras lo constataban: ¿no había ordenado



Frontispicio del *Almagestum novum*, de G. B. Riccioli, publicado en 1651, donde al sistema planetario de Tycho se le da más peso que al de Copérnico.

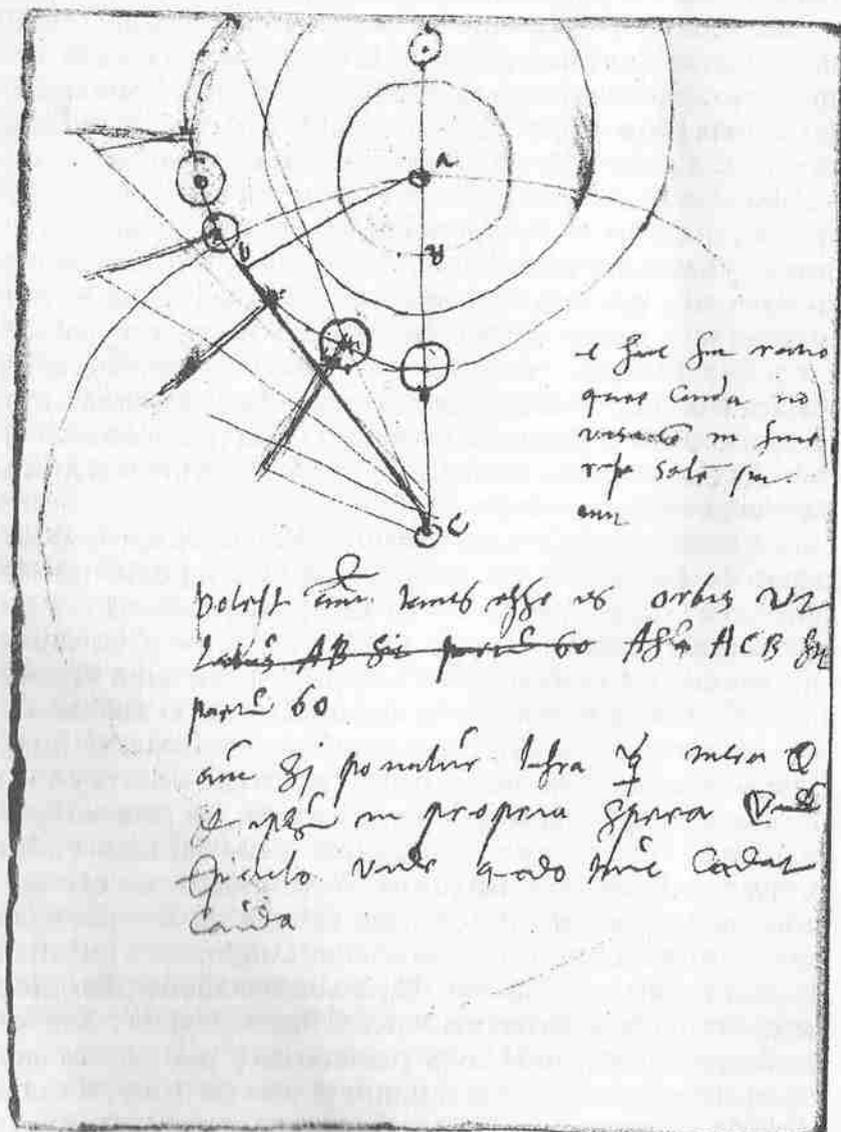
Josué al sol que se detuviera? Si esto era así era porque poseía algún movimiento, si no no se le puede detener; y si es el sol el que se mueve, entonces la tierra queda fija en el centro. El párrafo bíblico donde Josué realiza semejante proeza ayudado por Yahvé se constituyó como el argumento de mayor autoridad para defender la visión tolemeica del universo. Durante toda la edad media, todo el renacimiento y buena parte del siglo XVII, protestantes y católicos por igual lo esgrimieron con este propósito y mucha gente sufrió las consecuencias de oponerse al dogma. En el caso de Tycho no había dogma, había influencia y convicción. Si recordamos que la reforma luterana surgió con un sentido reclamo por ajustarse a la interpretación literal de las escrituras, es fácil entender que una contrapropuesta geocéntrica a la teoría de Copérnico proviniera del mundo protestante. Pero para Tycho el argumento teológico no era el único, sino sólo un eslabón más que se acoplaba dentro de una cadena perfecta. Esta preferencia geocéntrica es la que ha sepultado a Tycho Brahe en el olvido. Clío jamás se lo perdonó. Fue ella quien prefirió recordar por siempre a Kepler a costa de Tycho.

Cuando Kepler llegó a Praga para trabajar con Tycho, éste estaba teniendo problemas serios para encontrar los epiciclos idóneos que reprodujeran la órbita de Marte sugerida por sus datos. En esos días Longomontanus, el ayudante de Tycho más fiel y mejor preparado, se hartó de su lidia con el planeta de la guerra y decidió regresar a Dinamarca. Una vez más la mano de Clío (aconsejada por Urania, por supuesto) hace su aparición: Marte era el único de los cinco planetas que podía servirle a Kepler para encontrar su destino en la forma de sus dos primeras leyes. Después de Plutón y de Mercurio, Marte posee la órbita más elíptica de entre todos los planetas. Los demás se mueven en elipses muy "redondas", por lo que era posible describir sus órbitas en términos de epiciclos; o más bien, las discrepancias eran absorbidas por la imprecisión en las medidas que, aunque muy baja para la época, era suficiente

para borrar los puntos finos de las órbitas. Mercurio, por su cercanía al sol y su tamaño tan pequeño, es muy difícil de observar. Los astrónomos de la época de Tycho simplemente lo ignoraban, suponiendo que se comportaba como los demás planetas; Plutón sólo se conoció mucho tiempo después. Era la órbita marciana la que la imprecisión no velaba con su manto. Había en ella unos cuantos puntos que no encajaban con la suposición circular, justo los que provocaban los desvelos de Tycho, los únicos que no había podido subyugar con su sistema. Era el único resquicio por el que se asomaba la astronomía moderna, un ojal de ciencia y filosofía que Tycho y Kepler juntos lograron ensartar: Kepler jamás se habría enterado de su existencia si Tycho no se lo hubiese mostrado, sólo que mientras el viejo Tycho vivía empeñado en resanar el orificio el joven Kepler se asomó a través de él.

A la muerte de Tycho, Johannes Kepler se apropió los datos de las órbitas de los planetas, perseguido por la familia del danés que los reclamaba para publicarlos y así hacerse de unos centavos. Kepler no soltaría su única oportunidad. Como si Clío y Urania le susurraran al oído explicándole la gloria que le aguardaba tras el análisis de esos números, los defendió como suyos hasta el final. Después de infructuosas jornadas encerrado a tierra y lodo buscando, bajo una óptica copernicana, las profundas y definitivas relaciones cosmológicas, pudo dar forma a los preciados datos. Fue él el primer sorprendido con el resultado: ni esferas ni círculos; las órbitas de los planetas resultaron ser elipses. Otra vez, veinte siglos, dos mil años de astronomía, estaban mal. El persuasivo sueño platónico se desvanecía ante la evidencia. Poco después Kepler encontró las otras dos leyes planetarias y publicó las tres en su *Astronomia nova* durante el año de 1609, a ocho años de la muerte de Tycho de quien, a su vez, tomó la estafeta.

Hoy, cuando la gente habla de Tycho Brahe, lo recuerda como el excéntrico danés que proporcionó los datos a



Bosquejos de Tycho que muestran sus cálculos de la trayectoria del cometa de 1577.

Kepler para que describiera las órbitas planetarias. Obviamente ésta es una sobresimplificación del papel de Tycho dentro de la astronomía. La historia no le perdona haber propuesto un sistema geocéntrico casi medio siglo después de que Copérnico expuso el suyo heliocéntrico, y no se acuerda de que el sistema de Tycho era más exacto que el copernicano; desde cierto punto de vista era incluso más científico, pues su trabajo estuvo siempre apoyado por experimentos cuidadosos, elemento al que Copérnico no dio mucha importancia. La historia también ha olvidado que Tycho fue el primero desde Tolomeo en hacer una contribución original a la descripción del movimiento lunar, así como el primer investigador en usar cuidadosamente la idea de error experimental.

La historia escrita nos cuenta de infinidad de conservadores y progresistas, de héroes que nos ayudan a avanzar en lo que es el conocimiento y de antihéroes que se encargan de deshacer las ideas de los primeros frenando el progreso. Sin embargo la historia no es así. Si hubiéramos tenido la oportunidad de conocer a Copérnico, a Kepler y a Tycho, muy probablemente nos habría parecido que este último era el progresista, debido a su carácter arrojado y decidido. Copérnico era un canónigo encerrado en su torre de marfil y el tímido Kepler vivía angustiado todo el tiempo. Una coyuntura que ellos no podían controlar ha puesto a unos encima de un pedestal y a otros abajo. Lo mejor es entenderlos como hombres que vivían sus circunstancias y sacaban el mejor provecho de ellas.

Por su alta cuna, Tycho poseía modales de noble. El 13 de octubre del año de su muerte acudió a una cena en la que estaba presente un alto representante del Sacro Imperio Romano. Durante el convite se sirvió gran cantidad de bebida y, como consecuencia lógica, después de un rato la vejiga de Tycho se llenó. Mas su educado dueño, por no contravenir las normas de etiqueta, prefirió ignorarla y decidió permanecer sentado a la mesa para esperar

estoicamente a que el invitado principal diera por concluida la reunión. Ya tarde, de regreso a su casa, no le fue posible desalojar el líquido y tampoco hubo forma de aliviarle el dolor. La víscera había cedido a la presión envenenando las entrañas del astrónomo y provocándole así la muerte.

Cuenta Johannes Kepler, que estuvo presente en los acontecimientos, que después de cinco días y sus noches de intenso suplicio al fin pudo verter algo de orina. Insomnio, fiebre y desvaríos fueron las últimas experiencias de la vida de Tycho Brahe.

Morir exiliado lejos de casa debe ser una situación deprimente. Más aún si los seres queridos no están para acompañar al moribundo. Los días de enfermedad de Tycho encontraron a sus hijos fuera de Praga. Fueron sus ayudantes, incluido Kepler, los que lo acompañaron en su abandono del mundo. Mirando su sufrido rostro alrededor de su cama tal vez pensaban en los gritos y malos tratos que les daba su patrón. Seguramente él no tendría mucha conciencia de ellos. Al tiempo que en sus sueños se cerraba el par de ojos que lo miraban fríamente, Tycho Brahe perdía la vida. La astronomía ya no sería restaurada por él.

Según el relato de un testigo, durante la procesión que llevó su cuerpo hasta la catedral de Praga, donde fue enterrado, había tanta gente en la calle que formaba dos vallas compactas. La iglesia estaba tan llena que no cabía nadie más. La tumba aún está allí con lo que queda del cuerpo de Tycho Brahe.

Textos de Tycho Brahe

Sobre los más recientes fenómenos del mundo etéreo

Los textos que aquí se reproducen corresponden al capítulo VIII de la obra señalada.

El fenómeno al que se refiere aquí Tycho Brahe es el cometa de 1577. El "mundo elemental" es la parte del cosmos que se encuentra por debajo de la esfera de la luna.

O sea que la cauda apunta hacia "arriba", hacia la esfera de las estrellas.

Del descubrimiento del lugar o del espacio comprendido entre las revoluciones celestes de los planetas donde el cometa recorre su curso, y de la construcción de una hipótesis por medio de la cual su movimiento aparente es aproximadamente representado.

Resulta obvio, y está más allá de cualquier controversia, que nuestro fenómeno no tiene nada en común con el mundo elemental; se ha mostrado que tiene un movimiento en el éter más allá de la luna, y que su cauda conserva una relación olímpica permanente con ciertas estrellas. Resta ahora —y parece ser especialmente adecuado—

asignarle también un lugar específico en el espacio del mismo éter para que podamos establecer entre qué órbitas del *secundum mobile*, es decir, de la región localizada entre las esferas de la luna y de las estrellas, dirigirá su camino. Ciertamente el mundo etéreo o *secundum mobile* comprende una amplitud increíble, así es que si suponemos que el mundo elemental mide, desde el centro de la tierra hasta los límites más cercanos a la luna, alrededor de 52 semidiámetros de la tierra (cada uno de los cuales contiene 860 de nuestras millas comunes o germánicas), entonces estará contenido 235 veces en el resto del espacio del *secundum mobile*, esto es, tan lejos como la mayor de las distancias: la de Saturno desde la tierra. En este intervalo enormemente vasto, siete planetas llevan a cabo sus movimientos maravillosos y casi divinos en forma periódica; de tal manera que no me permite decir nada sobre aquella inmensa distancia a la que se encuentra la octava esfera [la de las estrellas], la cual es, sin lugar a dudas, mucho mayor que la de Saturno en su punto más lejano.

Las millas germánicas son la unidad de medida que era usada comúnmente en Europa antes de la introducción en 1593, por la reina Isabel I de Inglaterra, de las millas actuales. Según esto, 52 radios terrestres medirían 68 mil km, aproximadamente, cuando el valor aceptado en la actualidad para la distancia de la tierra a la luna es de 380 mil. De acuerdo con los cálculos de Tycho, entonces, la distancia de la tierra a Saturno era de 16 millones de km, cuando en realidad hoy sabemos que es casi cien veces mayor.

Recordemos que para Tycho los planetas, los "vagabundos", es decir, los objetos celestes que se mueven, son Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, el sol y la luna.

Una de las objeciones más importantes que enfrentó Copérnico al postular el movimiento de la tierra era que al irnos moviendo con ella las estrellas, desde nuestra perspectiva, deberían cambiar de posición. Como no se ve que las estrellas se muevan, Copérnico tuvo que abrir un gran espacio entre Saturno y la esfera de las estrellas. A Tycho este espacio siempre le pareció un gran desperdicio.

Y no del mundo elemental, como deberían hacer todos los objetos que cambian.

Por otro lado, de acuerdo con la hipótesis copernicana, el espacio entre Saturno y las estrellas fijas es muchas veces mayor que la distancia al sol desde la tierra (que, como quiera que sea, es tal que incluye el semidiámetro del mundo elemental aproximadamente veinte veces). Si esto no fuera así, la revolución anual de la tierra en el gran orbe —que, según las especulaciones de Copérnico ocurre— resultaría distinguible respecto a la octava esfera, cosa que no sucede. Debido a que la región del mundo celeste es, como ya se dijo, de una magnitud enorme e increíble, y como, con lo que se ha dicho antes, se ha demostrado, por lo menos en lo general, que este cometa continuó su viaje por entre los límites del espacio del éter, la explicación de todo este asunto se nos escapará a menos que estemos informados con mayor precisión de por qué parte del amplio éter y cerca de cuáles orbes el cometa ha trazado su camino, y qué curso ha seguido para realizar esto.

Para que esto sea entendido de manera correcta e inteligible, daré a conocer mis reflexiones de hace

medio de ella evita elegantemente las cosas que aparecen de forma superficial e incongruente en el sistema tolemeico sin delinquir en modo alguno contra los principios matemáticos. Sin embargo, el cuerpo de la tierra, grande, perezoso e incapaz de moverse no debe ser



Estatua alegórica de la astronomía que aparecía sobre uno de los portales de Uraniborg.

perturbado por movimiento alguno (y menos por tres de ellos) más de lo que las "Luces Eféreas" pueden ser agitadas. Así, estas ideas

el cual las premisas conducían al resultado de que el tamaño del universo es muchas veces superior a lo que ahora recibe este nombre. Sus hipótesis son que las estrellas fijas y el sol se mantienen inmóviles, que la tierra gira alrededor del sol en torno a la circunferencia de un círculo, con el sol situado en el centro de la órbita, y que la esfera de las estrellas fijas, situada alrededor del mismo centro que el sol, es tan grande que el círculo en el cual se supone que gira la tierra está en la misma proporción a la distancia de las estrellas fijas que el centro de la esfera a su superficie." (Tomado de *Cosmos*, de Carl Sagan.)

Los tres movimientos que postulaba Copérnico para la tierra son traslación, rotación y un giro del eje de rotación a manera de precesión, con el cual explicaba el cambio de las estaciones. La postulación de este tercer movimiento es innecesaria y constituye un error de Copérnico.

son opuestas a los principios físicos y también a la autoridad de la Sagrada Escritura, que confirma en distintas ocasiones la estabilidad de la tierra (tal como lo discutiremos en otro lado). En consecuencia, no hablaré ahora del vasto espacio entre el orbe de Saturno y la octava esfera que, por medio de estos razonamientos, carece por entero de estrellas, así como de las otras dificultades concomitantes a esta especulación. Como es de mi opinión que estas dos hipótesis no admiten siquiera absurdos leves, empecé a ponderar dentro de mí con mayor profundidad si por cualquier razonamiento era posible descubrir una hipótesis que ajustara tanto con las matemáticas y la física en todos sentidos, que evitara la censura teológica y que, al mismo tiempo, fuera acorde con las apariencias celestes. Y, por fin, casi contra cualquier esperanza, se me ocurrió el arreglo de las revoluciones celestes por medio del cual su orden adquiere una disposición más conveniente, tal que ninguna de esas incongruencias pueda presentarse. Esto lo comunicaré aquí a los estudiosos de la filosofía ce-

leste por medio de una descripción breve.

Soy de la opinión, más allá de cualquier duda y de acuerdo con los juicios aceptados de los astrónomos antiguos y de los filósofos de la naturaleza, que la tierra, la cual habitamos, ocupa el centro del universo, tal como se atestigua en las Sagradas Escrituras, y que carece de movimiento anual, como Copérnico hubiera querido. Sin embargo, para ser franco, no estoy de acuerdo con que el centro del movimiento de todos los orbes del *secundum mobile* esté cerca de la tierra, como era del parecer de Tolomeo y de los antiguos. Es de mi juicio que las revoluciones celestes están dispuestas de tal forma que no sólo las luminarias del mundo —útiles para distinguir el tiempo—, sino también la remota octava esfera, que contiene dentro de ella a las demás, contemplan a la tierra como el centro de sus revoluciones. Aseguro aquí que los otros círculos guían a los cinco planetas alrededor del sol, siendo éste su conductor y su rey, y que al trazar sus cursos siempre lo ven como el centro de sus revoluciones; por lo que

Es natural pensar que las órbitas de Venus y Mercurio están centradas en el sol, pues al buscarlos en el cielo estos planetas aparecen siempre cercanos a él. Es cuestión de observarlos un rato con detenimiento y estar levemente prejuiciado para convencerse de ello. Con los planetas exteriores no es tan fácil. Como a estos astros se los puede encontrar en cualquier posición del zodiaco, es más difícil discernir si están girando respecto a la tierra o respecto al sol. Tycho escoge al segundo y enseguida explica por qué.

los centros de sus orbes, los cuales se describen alrededor de él, también giran anualmente gracias a su movimiento. He encontrado que esto no sólo sucede con Venus y Mercurio, que se explica debido a su poca elongación respecto al sol, sino también es cierto para los tres planetas superiores. De este modo se puede representar en forma idónea la aparente discrepancia en el movimiento de estos tres lejanos planetas que engloban a la tierra, así como a todo el mundo elemental y, al mismo tiempo, los confines de la luna, todos dentro de la amplitud de sus revoluciones alrededor del sol —que eran explicadas por los antiguos por medio de epiciclos, y por Copérnico con el movimiento anual de la tierra— a través de la unificación con el sol de los centros de sus esferas en una revolución anual. Pues así se ofrece una descripción tan conveniente para los fenómenos de las estaciones y las retrogradaciones de estos planetas, para sus aproximaciones y distanciamientos de la tierra, y para sus variaciones aparentes en magnitud y otros eventos similares, como lo hacen, ya sea el

uso de epiciclos, o bien la suposición del movimiento de la tierra.

De todas estas cosas y usando el tratamiento por epiciclos, se pueden deducir los circuitos menores asociados con Venus y Mercurio, girando alrededor del sol, mas no alrededor de la tierra. También se pueden refutar las ideas antiguas concernientes a la disposición de los epiciclos tanto encima como debajo del sol. Con esto se proporciona una causa manifiesta de por qué el movimiento simple del sol está involucrado necesariamente de una cierta manera en los movimientos de los cinco planetas. Y así, el sol regula toda la armonía de la danza planetaria de modo que todos los fenómenos celestes se sujetan a su conducción como si él fuera Apolo (nombre que le asignaron los antiguos) entre las musas.

Lo mismo se aplica al resto de las demás diferencias particulares de las discrepancias aparentes en el movimiento de los planetas, las cuales eran concebidas por los antiguos como representadas por medio de excentricidades y ecuan-tes, y por Copérnico mediante un epiciclo con la misma velocidad

angular sobre la circunferencia ex-céntrica. Estas discrepancias pueden ser representadas fácilmente usando nuestra hipótesis, ya sea por medio de un orbe excéntrico de magnitud suficiente alrededor del sol, o por medio de un círculo doble [epiciclo] en algún orbe concéntrico. Así, en nuestro sistema, al igual que en el de Copérnico, todos los movimientos suceden respecto a su propio centro, puesto que hemos desechado el desorden tolemeico [el ecuante].

La forma en que esto se ha logrado la explicaremos con mayor detalle y extensión en el trabajo sobre la restauración de la astronomía que (Dios mediante) hemos decidido elaborar. Allí discutiremos específicamente esta hipótesis de movimientos celestes y demostraremos que todos los fenómenos planetarios se ajustan perfectamente entre sí, y que éstos corresponden a nuestra hipótesis más que a todas las otras utilizadas hasta ahora. De manera que nuestra nueva invención para la disposición de los orbes celestes pueda ser comprendida mejor, exhibiremos un esquema de ella [figura 1].

Por lo visto a dios no le interesó mediar para que Tycho elaborara ese trabajo. De hecho, la descripción del sistema del mundo más completa que nos dejó es la que se encuentra en estas páginas.

NOVA MVNDANI SYSTEMATIS HYPOTYPOSIS AB
 AUTHORE NUPER ADINVENTA, QUA TUM VETUS ILLA
 PTOLEMAICA REDUNDANTIA & INCONCINNITAS,
 TUM ETIAM RECENS COPERNIANA IN MOTU
 TERRÆ PHYSICA ABSÛRDITAS, EXCLU-
 DUNTUR, OMNIAQUE APPAREN-
 TIIS CŒLESTIBUS APTISSIME
 CORRESPONDENT.

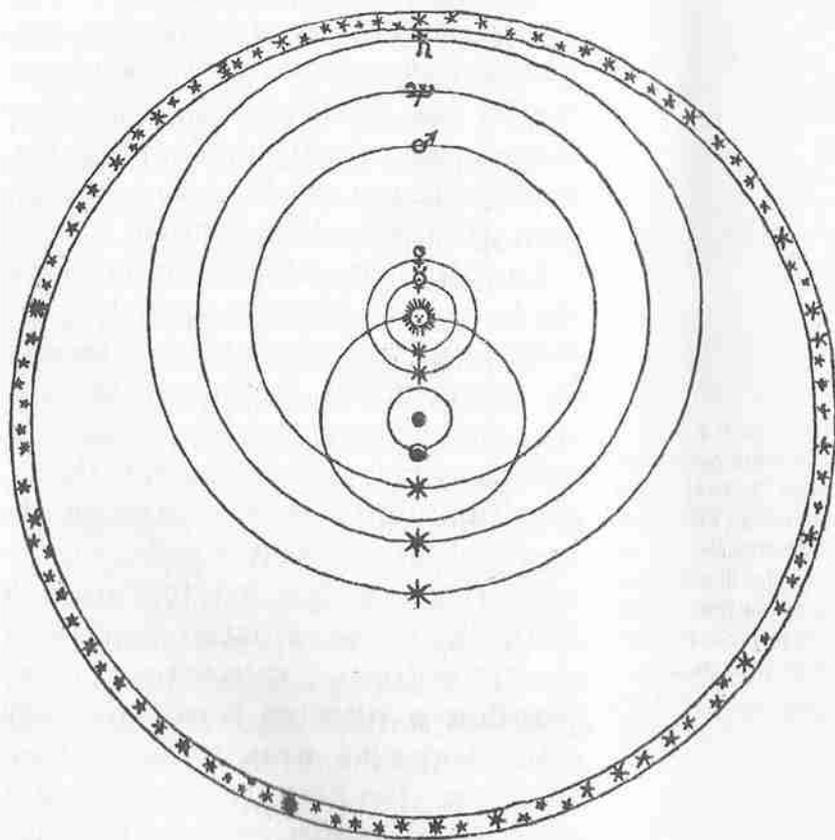


Figura 1.

Dos planetas están en oposición cuando, desde la tierra, los vemos formando un ángulo de 180° entre sí.

He construido, en verdad, una explicación más completa de la nueva disposición de los orbes celestes, en la que se incluyen corolarios importantes de todas las presentes cogitaciones. Las incluiré cerca del final de la obra, donde se mostrará primero, para después probarse claramente, a partir de los movimientos de los cometas, que la maquinaria de los cielos no es un cuerpo duro e impenetrable, henchido con cierto número de esferas reales, como hasta ahora se ha creído. Se probará que se extiende, en su mayoría simple y fluido, por todos lados, y que no presenta obstáculos en ningún punto; que los circuitos de los planetas son completamente libres —sin la necesidad de la labor y de los giros de esferas reales—, y están gobernados divinamente por una ley dada. Así también, del hecho de que Marte en oposición se encuentra más cerca de la tierra que del sol mismo, se establecerá cómo es que no surge ninguna contradicción en el arreglo de los orbes celestes. Pues de esta forma no existirá ninguna penetración real e incongruente de los orbes (debido a que éstos no

se encuentran verdaderamente en el cielo, sino que se postulan únicamente para enseñar y comprender estas cuestiones), ni sucederá que los cuerpos de los planetas choquen entre sí, ni que por alguna razón se perturbe la armonía de los movimientos que cada uno de ellos observa. Así, los orbes imaginarios de Mercurio, Venus y Marte se pueden mezclar con el del sol y cruzarlo.

Por ahora, tomaremos al menos aquella parte de este esquema de las revoluciones etéreas que satisfaga la dificultad de asignarle un lugar a este cometa, y que proporcione una hipótesis que facilite el ordenamiento de sus apariciones.

Una vez sentados los fundamentos de estas revoluciones celestes, es de mi opinión que todo ajusta correctamente con el movimiento aparente de este cometa si entendemos que él también, como si fuera un planeta adventicio y extraordinario, tiene, no menos que los otros planetas, al sol como el centro de sus revoluciones. Ha trazado, alrededor de este centro, la porción de su propia esfera que queda más allá, no sólo de la esfera

Nótese que Tycho le asocia una esfera al cometa, esto es, una órbita circular. Esto debió haberle generado fuertes dolores de cabeza cuando intentaba ajustarla con sus teorías, pues la órbita de cualquier cometa es, a diferencia de las planetarias, notoriamente elíptica.

La elongación es la distancia angular en que el planeta se separa del sol, visto desde la tierra.

En la figura 2 se ve que cuando el cometa está en el punto de su órbita más cercano a la tierra estará colocado justo entre ésta y el sol, por lo que desde nuestro planeta se verá, aunque sea por un breve lapso, que el cometa se mueve a la misma velocidad que este último. El apogeo es el punto más lejano en que se ubica el planeta con respecto a la tierra. Aunque parezca extraño que el cometa tenga un apogeo si sigue una órbita circular, en el esquema de Tycho esto no representa ninguna contradicción, pues dicho astro está girando alrededor del sol, y no de la tierra.

de Mercurio, sino también de la de Venus; puesto que puede alejarse del sol una sexta parte de los cielos, mientras que la elongación de Venus no es mucho mayor que una octava parte. En efecto, el cometa procedió sobre este orbe de tal forma que, si se supone que estará en las regiones más bajas de su orbe y en el punto más lejano a la tierra cuando alcance la velocidad media del sol, se puede suponer que procedió a partir de ese punto en el sentido de los signos del zodiaco hacia el apogeo de su orbe —contrariamente a lo que sucede con Venus y Mercurio— y que el centro constante de esta revolución concordará con el movimiento simple del sol. Para percibir correctamente todas estas cosas, debemos presentar a los ojos una disposición conveniente de la construcción de los orbes [figura 2].

Por *A* entiéndase el globo terrestre localizado en el centro del universo. Cerca de él gira la luna en el orbe *BEFD*, dentro del cual están comprendidos todos los elementos. Que el cometa no se encuentra dentro de los límites del orbe lunar lo hemos demostrado suficien-

DE MUNDI ÆTHEREI

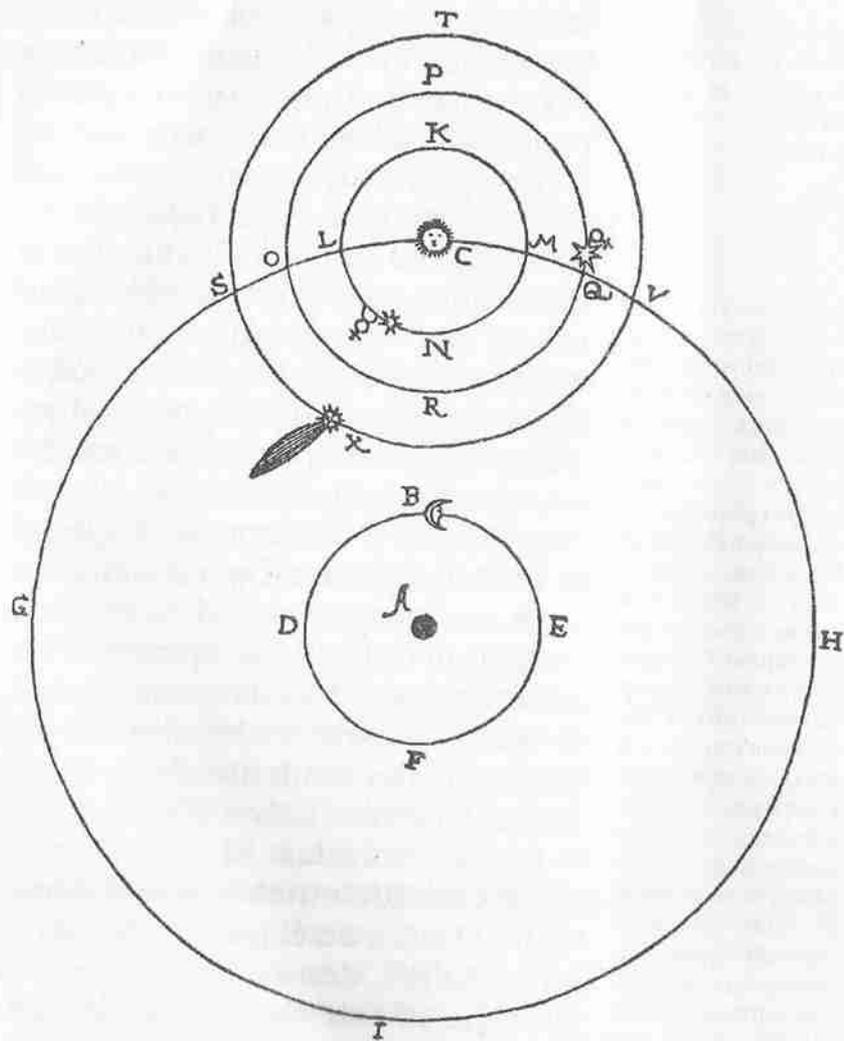
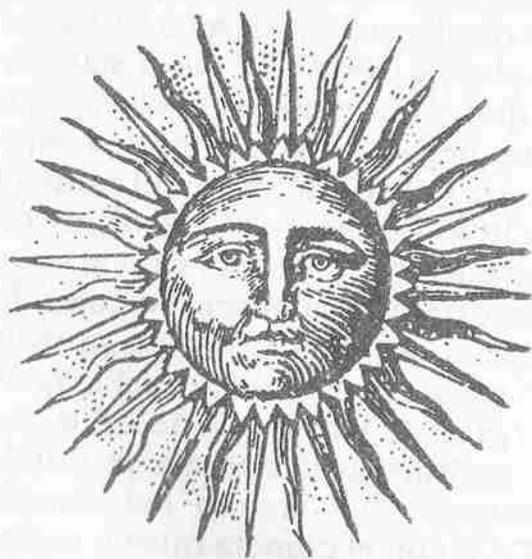


Figura 2.

temente. *CHIG* representa el orbe anual del sol girando alrededor de la tierra, con el sol representado por *C*, sobre el cual se localizan los centros de los otros cinco planetas, de acuerdo con nuestra renovación de la hipótesis celeste. Y puesto que la estrella de Mercurio es la que gira más cerca del sol en el orbe *LKMN* y ligeramente encima de ella viaja la estrella de Venus en el orbe *OPQR*, sucede justamente que el cometa se revuelve en un orbe un poco mayor descrito alrededor del sol. El orbe del cometa incluye únicamente los orbes de Mercurio y de Venus; y no al orbe lunar unido a la tierra (tal como lo hace la estrella de Marte), porque no puede separarse del sol más de 60 grados. Y este mismo orbe que le atribuimos al cometa se puede entender por medio del círculo *STVX*, con el cometa mismo cercano a *X*, posición en la que fue visto en nuestra primera observación. Tiene un movimiento sobre este orbe en el sentido de los signos, contrario a las revoluciones de Venus y Mercurio, tal que viaja desde *X* a través de *S* hasta *T*, y el centro mismo del orbe observa su movi-

Es debido a sus órbitas muy elípticas que los cometas desaparecen de la vista de la tierra por mucho tiempo. Es sólo cuando en su trayectoria están cercanos al sol que podemos verlos. Tycho le asocia al cometa una órbita circular ignorando esta propiedad, la cual ni siquiera se cuestiona.

miento simple unido perpetua-
mente al sol. Si se acepta esta dis-
posición de las revoluciones del
cometa entre los orbes celestiales,
aseguro que es posible satisfacer
su movimiento aparente tal como
lo percibimos los que moramos en
A: la tierra.



Colección Viajeros del Conocimiento

Nadie duda de que la ciencia es importante para el progreso de la humanidad; lo que casi nunca nos dicen es que también es sumamente divertida. La historia de la investigación científica es tan apasionante como una buena novela de misterio o una película de vaqueros. Sólo que el malvado es la ignorancia, el villano la incompreensión.

En este libro damos a conocer la historia y la obra de Tycho Brahe, el astrónomo danés del siglo XVI cuyas mediciones de planetas y estrellas —las mejores antes de la invención del telescopio— sirvieron de base para posteriores descubrimientos.

Queremos que niños y jóvenes puedan acercarse a las obras fundamentales de Tycho Brahe; para eso seleccionamos los fragmentos más importantes y los volcamos a un lenguaje claro y comprensible. Ojalá se diviertan todos al leer este libro tanto como nosotros al publicarlo.

ISBN 968-6177-68-X



9 789686 177688



Consejo Nacional
para la
Cultura y las Artes

PANGEA