

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CS. FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS HUMANÍSTICOS

APUNTE

“LAS REVOLUCIONES DE LAS ESFERAS CELESTES”

Nicolás Copérnico

Curso : EH22C-02, Filosofía
Profesor: Renato Espoz Le-Fort

NICOLAS COPERNICO

LAS REVOLUCIONES DE LAS ESFERAS CELESTES

EUDEBA/COLECCION LOS FUNDAMENTALES

LIBRO PRIMERO

Introducción y notas de
ALEJANDRO KOVÁ

Traducción de
Jorge Fernández Chiti



EUDEBA

EDITORIAL UNIVERSITARIA DE BUENOS AIRES

38 original

LAS REVOLUCIONES DE LAS ESFERAS CELESTES

AL LECTOR, ACERCA DE LAS HIPÓTESIS DE ESTA OBRA (1)

No pongo en duda que ciertos eruditos —una vez divulgada la novedad de las hipótesis de esta obra— de que la Tierra se mueve y que el Sol está inmóvil en el centro del universo — se sentirán profundamente ofendidos y pensarán que no es conveniente conmover las disciplinas liberales — firmemente establecidas desde hace mucho tiempo. Sin embargo, si quisieran examinar la cuestión correctamente, descubrirían que el autor de esta obra no ha cometido nada digno de reproche. En efecto, es propio del astrónomo examinar la historia de los movimientos celestes a través de una diligente y concienzuda observación y, luego, idear o imaginar cualesquiera causas o hipótesis de ellos — ya que de ninguna manera podrá alcanzar las verdaderas — sobre la base de las cuales podrán calcularse correctamente dichos movimientos de acuerdo con los principios de la geometría, tanto en el futuro como en el pasado. Y estas dos tareas han sido cumplidas brillantemente por el autor. Pues no es necesario que esas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera verosímiles, sino que es suficiente una sola cosa: que proporcionen un cálculo de acuerdo con las observaciones, o menos que seamos tan ignorantes de la óptica y de la geometría para tener por verosímil el epiciclo de Venus y creer que sea la causa de que a veces preceda y a veces siga al Sol, cuarenta partes (de círculo) o más. Porque a nadie se le ocultará que, sobre este supuesto, se sigue



Retrato de Copérnico. Grabado en madera del siglo XVI, atribuido por algunos a Tobias Stimmer. (Isis, 47 (147): 184, marzo de 1956)

necesariamente que en el perigeo el diámetro de esta estrella parecería más de cuatro veces mayor —y su mismo cuerpo más de dieciséis— que en el apogeo, hecho que contradice la experiencia inmemorial. Por otra parte, en esta disciplina existen otras cosas no menos absurdas, que no es necesario discutir en este momento. Es harto evidente que este arte, completa y simplemente, ignora las causas de los movimientos irregulares de los fenómenos. Y si inventa algunas —como en realidad las inventa, y en gran cantidad— de ninguna manera lo hace a fin de convencer a nadie de que sean reales; sino tan solo para fundamentear un cálculo exacto. Ahora bien, puesto que a veces se ofrecen diferentes hipótesis del mismo movimiento (tales como la excentricidad y el epiciclo en el movimiento del Sol); el astrónomo adoptará la que resulte más fácil de comprender. El filósofo quizá exigirá más bien la verosimilitud, aunque ninguno de los dos llegará a comprender nada de cierto; ni podrá enseñar a menos que le sea revelado por la divinidad. Permitanme, pues, que estas nuevas hipótesis sean conocidas entre las viejas; no más verosímiles (que las nuevas), y principalmente porque son admirables y fáciles, y llevan consigo un tesoro inmenso de sapientísimas vacaciones. Y que nadie, en lo que a las hipótesis se refiere, espere de la astronomía nada de cierto; ya que ella no pretende nada semejante; no sea que —si toma por verdaderas cosas destinadas a otro uso— resulte más ignorante al alejarse de esta disciplina de lo que era cuando se aproximó a ella. Vale.

Nicolás Schönberg, cardenal de Capua,
a Nicolás Copérnico. Salud.

Habiendo escuchado, desde hace algunos años, unánimes y repetidas alabanzas a tus merecimientos, comencé a tenerle en la más alta estima; y a felicitar a

nuestros contemporáneos, entre los cuales recibes tanta gloria. Y llegué a descubrir que no solo dominas admirablemente los descubrimientos de los matemáticos antiguos; sino que has llegado a establecer una nueva constitución del mundo, con la que enseñas que la Tierra se mueve; y que el Sol ocupa el lugar más bajo del universo; esto es, el centro; que el octavo cielo está inmóvil y permanece perpetuamente fijo; y que la Luna, situada entre los cielos de Marte y de Venus, junto con los elementos incluidos en su esfera, gira en torno del Sol en un circuito anual. Supe también que has escrito comentarios acerca de todo este sistema astronómico; y que con gran admiración de todos calculaste en tablas los movimientos de las estrellas errantes. Por todo ello, sabio varón, te rogaré insistentemente que, si no te resulta importuno, comuniques tu descubrimiento a los estudiosos; y me remitas cuanto antes tus reflexiones acerca de la esfera del universo, junto con las tablas, así como cualquier otro material referente a eso mismo. He encargado a Teodoro de Reden que se copie todo ello a mis expensas y me lo envíe. Si accedes a mis deseos, comprenderás que trato con un hombre respetuoso de tu nombre y deseoso de honrar tu virtud. Vale.

Roma, 1º de noviembre de 1536.

AL SANTO PADRE PAULO III,
SUMO PONTIFICE

PREFACIO DE NICOLAS COPERNICO A
LOS LIBROS DE LAS REVOLUCIONES (2)

Con sobrada razón puedo pensar, Santísimo Padre, que, no bien se sepa que en estos libros escritos por mí, acerca de las revoluciones de las esferas del mundo, atribuyo al globo terrestre ciertos movimientos, inmediatamente algunos clamarán para que yo sea desaprobado junto con tal opinión. Pues no me emblesan tanto mis cosas para no considerar atentamente cuál será el juicio de los otros acerca de ellas. Y aun que no ignoro que el pensamiento del hombre amante de la filosofía está alejado de la opinión vulgar, por lo mismo que su tarea consiste en buscar la verdad en todas las cosas, en cuanto Dios lo permita a la razón humana. (sin embargo, pienso que debemos huir de las opiniones del todo contrarias a lo correcto. Por ello, pensando yo cuán absurdo juzgarían este *akróama* [lección] quienes han visto corroborada por el juicio de muchos siglos la opinión de que la Tierra inmóvil está colocada en medio del cielo como su centro, y sí, por el contrario, afirmara que la Tierra se mueve, estuve mucho tiempo en la duda acerca de si publicaría mis comentarios, escritos para demostrar el movimiento de la Tierra, o si, más bien, no sería preferible seguir el ejemplo de los pitagóricos y de otros, quienes acostumbraban transmitir los misterios de la filosofía tan solo

a sus amigos y allegados, no por escrito sino directamente, como lo demuestra la carta de Lisias a Hiparco. En mi opinión, ellos lo hicieron así por un deseo de no comunicar la doctrina, como algunos creen, sino con el propósito de que cosas tan elevadas y descubiertas con mucho trabajo por grandes hombres no cayéran en el desprecio de quienes son perezosos para dedicarse con empeño a las letras, a no ser las luctivas, o, si se dejan llevar al estudio liberal de la filosofía por las exhortaciones y el ejemplo de otros, con todo, a causa de la estupidez de su entendimiento, se encierran entre los filósofos como los zánganos entre las abejas. Al pensar en todo ello, por el desprecio de que tema ser objeto con motivo de lo referido a menudo de mi opinión, casi cedí al impulso de abandonar por completo la obra comenzada. (3)

Sin embargo, mis amigos me lo impidieron, pese a mi demora y resistencia, entre los cuales fue el primer Nicolás Schönberg, cardenal de Capua, célebre meor en todo género de ciencia, y le siguió inmediatamente mi estimadísimo Tiedeman Giese, obispo de Chelmno, ^{habiendo amonestado a las letras divinas y humanas.} Este, en efecto, me exhortó muchas veces e, incluso, me instó con reproches a editar este libro y a permitir que por fin saliera a luz, al que yo mantuve oculto no solo nueve años, sino cuatro veces nueve. (4) Lo mismo me pidieron muchos otros hombres en extremo sabios y eminentes, quienes me incitaron a que no me negara por más tiempo, a causa del miedo que sentía, a presentar mi obra, teniendo en cuenta la utilidad común de los estudios de matemáticas. Pues sucedería que, cuanto más absurda parece a la mayoría ahora mi doctrina del movimiento terrestre, (5) tanto más será acreedora de admiración y agradecimiento cuando, gracias a la edición de mis comentarios, se vean disipar las tinieblas de lo absurdo mediante clarísimas demostraciones. Movido por estos persuasores y alentado por

estas esperanzas, al fin permití a mis amigos que se encargaran de la edición de la obra que durante tanto tiempo me habían solicitado.

Pero Vuestra Santidad quizá no se asombrará tanto porque me atreva a publicar el fruto de mis vigilias —que tanto trabajo me llevó producido como para no dudar de poner por escrito mis meditaciones acerca del movimiento de la Tierra—, sino que, lo que mas ansiosamente querrá escuchar de mí será de qué modo me vino a la mente, contra la opinión admitida de los matemáticos y, casi, contra el sentido común, la atrevida idea de atribuirle cierto movimiento a la Tierra. Es así que no quiero ocultar a Vuestra Santidad que, para ^{dejar otro modo de considerar los movimientos de} las esferas del mundo, no me impulsó sino el hecho de haber comprendido que los matemáticos no eran consecuentes al investigarlos. Pues, en primer lugar, desconocen tanto el movimiento del Sol y de la Luna, que no pueden demostrar ni observar la grandeza permanente del año en su curso. (6) Además, al determinar los movimientos de ambos astros, así como el de las otras cinco estrellas errantes, ellos no utilizan los mismos principios, no parten de los mismos supuestos ni emplean las mismas demostraciones de las revoluciones y movimientos aparentes. En efecto, unos se sirven tan solo de círculos homocéntricos, otros de excéntricos y de epiciclos, con lo cual no consiguen del todo lo que se proponen. ¡Pues aquellos que creen en los círculos homocéntricos, aunque hayan demostrado ser capaces de componer con ellos ciertos movimientos diversos, no han podido establecer nada de cierto que correspondiera efectivamente a los fenómenos! ¡Ahora bien, quienes imaginaron las excéntricas, aunque pareciera que, en gran parte, han podido deducir los movimientos aparentes con cálculos exactos mediante ellas, han admitido al mismo tiempo muchas cosas que, al parecer, contradicen los primeros principios de

la uniformidad del movimiento. (7) Sin embargo, no han podido descubrir ni deducir sobre la base de ellas el punto principal, esto es, la forma del mundo y la exacta simetría de sus partes; (8) y a ellos les sucede lo que a alguien que, juntando de diversos lugares manos, pies, cabeza y otros miembros, todos ellos perfectos, pero no conformados ni relacionados en un solo y mismo cuerpo y sin guardar correspondencia entre sí, formaría más bien un monstruo que un hombre. Es así que en el proceso de la demostración, que llaman *méthoden* [método], observamos que ellos han olvidado lo que necesitan y bien han admitido que los astrónomos perteneciente en modo alguno a la cuestión, lo cual no les hubiera sucedido en modo alguno si hubieran seguido principios ciertos. Porque, si las hipótesis admitidas por ellos no hubieran sido falsas, todo lo que se desprende de ellas se hubiera verificado sin duda alguna. Y aunque esto que ahora declaro parezca oscuro, sin embargo, se explicará más claramente en su oportunidad.

Y habiendo yo meditado largamente sobre esta incertidumbre de la tradición matemática en cuanto a la composición de los movimientos de las esferas del mundo, comencé a impacientarme por el hecho de que los filósofos no dispusieran de ninguna explicación valedera acerca de los movimientos de la máquina del mundo,—construida para nosotros por el mejor y más exacto de los artifices—, los cuales, en otros aspectos, habían estudiado minuciosamente los detalles ínfimos de dicho universo. [Por lo cual, me tomé el trabajo de leer los libros que pude conseguir de todos los filósofos, para investigar si alguno de ellos emitió alguna vez una opinión diferente, acerca de los movimientos de las esferas del mundo, de la que sostuvieron los que enseñaron matemática en las escuelas. Primeramente, descubrí en Cicerón que Nicetus había sostenido que la Tierra se movía; (9) y, posteriormente, comprobé

que, según Plutarco, algunos otros emitieron la misma opinión, cuyas mismas palabras transcribo a fin de que sean conocidas por todos:

"Algunos piensan que la Tierra no se mueve; pero Filolao el pitagórico dice que se mueve alrededor del fuego de modo oblicuamente circular, al igual que el Sol y la Luna. Ahora bien, Heráclides Pónico y Ecfanto el pitagórico no atribuyen a la Tierra movimiento de traslación, sino, a la manera de una rueda, un movimiento limitado de ascenso y declinación en torno de su mismo centro". (10)

Ciertamente, como he comenzado ya a pensar en la movilidad de la Tierra. Y aunque esta opinión parecía absurda, sin embargo, sabiendo que a otros antes de mí se les había concedido la libertad de imaginar ciertos círculos para demostrar los fenómenos de los astros, pensé que fácilmente se me permitiría comprobar si, atribuyendo algún movimiento a la Tierra, sería posible deducir demostraciones más sólidas que las de mis predecesores acerca de las revoluciones de las esferas celestes.

Y habiendo establecido los movimientos que atribuiré a la Tierra más adelante en esta misma obra, llegué a descubrir, gracias a múltiples y prolongadas observaciones, que, si los movimientos de las restantes estrellas errantes se refirieran al movimiento circular de la Tierra y si dichos movimientos se calcularan con arreglo a la revolución de cada planeta, (11) no solamente se desprenderían de aquí todos sus fenómenos, sino que también se correlacionarían los órdenes y magnitudes de los planetas y de sus esferas e, incluso, el cielo mismo, de manera que nada se podría alterar en ninguna parte de él sin confusión de todas las partes y de todo el universo.

Por ello, en la composición de esta obra seguí el siguiente orden, a saber: en el primer libro, describiré todas las posiciones de las esferas junto con los movi-

mientos que atribuyo a la Tierra, de modo que dicho libro contendrá, por así decirlo, la constitución general del universo. Luego, en los restantes libros, habré de referir los movimientos de los demás planetas y de todas las esferas a la movilidad de la Tierra, de manera que se pueda colegir en qué medida los movimientos y apariencias de los demás planetas y de las esferas podían salvarse (12) referidos a los movimientos de la Tierra. Y no dudo de que los inteligentes y doctos matemáticos convenirán conmigo si —tal como lo exige la filosofía en primer término— desean conocer y estudiar no a la ligera, sino profundamente, todo lo que presentó en esta obra para la demostración de dichas cosas. Y a fin de que tanto los sabios como los indociles vean que no me desprecupo absolutamente del juicio de nadie, quise dedicar estos estudios míos a Vuestra Santidad antes que a otro; pues, incluso en este apartadísimo lugar de la Tierra en el cual vivo, sois tenido por un hombre eminentísimo tanto por la dignidad de vuestro orden como por el amor que tenéis por todas las letras y por la matemática, a fin de que fácilmente podáis repetir con vuestra autoridad y juicio los ataques de los calumniadores, aunque diga el proverbio que no hay remedio contra los daños de los delatores.

Si acaso existieran *matatológico* [charlatanes], quienes, pese a ignorar toda la matemática, se permitieran juzgar acerca de ella basados en algún pasaje de las Escrituras, deformado especialmente para sus propósitos, (13) y se atrevieran a criticar y atacar mis enseñanzas, no me preocuparé de ellos en absoluto, de modo que despreciaré su juicio como temerario. Nadie ignora que Lactancio, célebre escritor pero matemático deficiente, habla de la forma de la Tierra de manera tan pueril que ridiculiza a quienes declararon que ella tenía forma de esfera; (14) de modo que los estudiosos no se asombrarán si aquéllos me pusieran en ridículo.

La matemática se escribe para los matemáticos, quienes, si no me equivoco, pensarán que mi trabajo será útil también a la comunidad eclesástica, cuyo principado ejerce ahora Vuestra Santidad. Pues no hace muchos años, bajo León X. cuando en el Concilio de León se ventilaba la cuestión de la reforma del calendario eclesiástico, ella quedó sin decisión tan solo a causa de que las magnitudes del año y de los meses y los movimientos del Sol y de la Luna todavía no habían sido medidos suficientemente. (15) A partir de entonces, me consagré a estudiar estas cosas más escrupulosamente, a solicitud del esclarecido señor Paulo, obispo de Foscombone, (16) quien estaba al frente de dicha cuestión. En cuanto a lo que yo haya logrado en este asunto, lo someto al juicio de Vuestra Santidad, en primer término, y al de todos los demás sabios matemáticos. Y pasemos ahora al cuerpo de la doctrina, no sea que parezca prometer a Vuestra Santidad mayor utilidad con mi obra de la que en efecto pueda proporcionar.

LIBRO PRIMERO

PROLOGO

Entre las muchas y diversas ocupaciones literarias y artísticas de las cuales se nutre la inteligencia humana, pocas que principalmente deberíamos abarazar y estudiar con máximo empeño aquellas que se refieren a las cosas más elevadas y dignas de conocimiento. Estas son las que tratan de las divinas revelaciones del mundo y del curso de los astros, así como de las magnitudes y distancias, del orto, del ocaso y de las causas de los demás fenómenos del cielo, sin dejar de explicar, por último, la forma total. Pues, ¿qué podría ser más hermoso que el cielo, que contiene todas las cosas hermosas, tal como lo ponen de manifiesto los mismos nombres *caelum* y *mundus*, el primero de los cuales se refiere a "lo labrado bellamente" y el segundo a la "limpieza" y al "ordenamiento". Y es a causa de su máxima excelencia que la mayoría de los filósofos lo han llamado "dios visible". Por lo cual, si la dignidad de las artes se midiera con arreglo a la materia de que tratan, sería con mucho la más excelente aquella que algunos llaman astronomía, otros, astrología y muchos de los antiguos denominaron "perfección de la matemática" (17). La astronomía, cabeza de todas las artes liberales, la más digna del hombre libre, se apoya en casi todas las ramas de la matemática: aritmética, geometría, óptica, geodesia, mecánica y otras, si las hay; todas se

refieren a ella. Y como el propio de las artes liberales aleja el espíritu humano de los vicios y encaminarlo hacia cosas más elevadas, ésta lo puede hacer más perfectamente, a causa del increíble placer espiritual que proporciona. Pues quien se consagra a estas cosas con asidua contemplación e intimidad, viéndolas en perfecto orden dirigidas por la voluntad divina, no podrá dejar de verse inclinado hacia las cosas mejores ni de admirar al artífice de todas ellas, en quien reside toda felicidad y todo bien. El divino psalmista no habría confesado en vano que se deleita en la obra de Dios y que se exalta en la factura de sus manos, a no ser que, por estos medios, a la manera de un vehículo, fuéramos conducidos a la contemplación del mismo bien. Cui sea la utilidad y decoro que esta ciencia proporcione a la comunidad (para pasar por alto los innumerables beneficios de las personas privadas) lo declara perfectamente Platón, quien, en el séptimo libro de las *Leyes*, la considera sumamente deseable para que el tiempo, dividido gracias a ella en sucesión de días, meses y años, a través de solemnidades y sacrificios, mantuviera viva y despierta a la ciudad; y si alguno —dice Platón— negara que es necesario al hombre que estudie cualquiera de las ciencias elevadas, reflexionará estúpidamente; y, por otra parte, concede que mucho distará de convertirse en divino y de ser reconocido por tal quien no posea el necesario conocimiento del Sol, de la Luna ni de los restantes astros.

Sin embargo, esta ciencia más divina que humana, la cual investiga las cosas más profundas, no carece de dificultades; y observamos que, principalmente con respecto a sus principios y supuestos, que los griegos llamaron hipótesis, la mayoría de quienes abordaron el estudio de ellos no han estado de acuerdo, por lo cual no se han basado en los mismos cálculos. Por otra parte, el curso de los planetas y la re-

volución de las estrellas no podrían determinarse mediante cálculos exactos ni explicarse con toda claridad sino a través del tiempo y de muchas observaciones anteriores, transmitidas a la posteridad, por así decirlo, de mano en mano. Pues si bien Claudio Ptolomeo Alejandrino, quien por su admirable inteligencia y trabajo aventajó en mucho a los demás, mediante más de cuarenta años de observaciones llevó esta ciencia casi a su perfección, al punto de que pareciera no haber dejado nada por tratar, observamos, sin embargo, que la mayoría de las cosas no estaban de acuerdo con los movimientos que deberían desprenderse de su doctrina, sino con otros movimientos descubiertos más tarde y desconocidos todavía para él. Es por ello que Pírramo, al hablar del curso anual del Sol, declara: (18) "Hasta ahora, el movimiento de los astros ha vencido la inteligencia de los matemáticos". Y para tomar como ejemplo el año mismo, creo que es notorio que las opiniones acerca de él siempre han sido muy diferentes, tanto que muchos desesperaron de poder hallar su determinación exacta. Con todo, trataré de investigar más detalladamente acerca de las últimas estrellas —con la ayuda de Dios, sin el cual nada podemos—, pues tanto más dispuestos de me dice para utilizar en nuestra doctrina cuanto mayor ha sido el lapso que nos separa de los fundadores de esta ciencia, con los descubrimientos de los cuales podremos comparar los hallazgos hechos por nosotros. Por otra parte, confieso que enseñaré muchas cosas de modo diferente que mis predecesores, aunque sin desconocer la obra de ellos, ya que abrieron el camino por vez primera para el estudio de tales cosas.

CAPITULO I

EL MUNDO ES ESFÉRICO

En primer término, debemos advertir que el mundo es esférico, (19) ya sea porque esta forma es la más perfecta de todas, al no recibir de uniones en su integridad; ya sea por ser la figura que tiene mayor volumen, a la cual conviene en sumo grado contener y abarcar todas las cosas; bien sea porque todas las partes separadas del mundo, como el Sol, la Luna y las estrellas, se nos presentan con esa forma; (20) o bien porque todas las cosas tienden a ser limitadas por dicha forma, (21) tal como se observa en las gotas de agua y otros cuerpos líquidos, cuando están delimitados por sí mismos. De tal manera, nadie dudará de que esta forma es propia de los cuerpos del cielo.

CAPITULO II

LA TIERRA TAMBIEN ES ESFERICA

La Tierra es también esférica, ya que en todas partes se apoya en su centro; sin embargo, no se ve inmediatamente su redondez absoluta debido a la gran altura de los montes y a la depresión de los valles, las que, por otra parte, no alteran en nada la redondez total de la Tierra, la cual se manifiesta del modo siguiente. En efecto, para quienes se dirigen desde cualquier parte hacia el norte, el polo de la revolución diurna se eleva poco a poco, mientras que el otro, por el contrario, descende en igual forma. Además, muchas estrellas en el norte parecen no ocultarse jamás, en tanto que otras, en el sur, aparentemente nunca salen. Por eso en Italia no se observa la estrella Canopus, visible en Egipto; y la última estrella de Fúvius (Fridanah), observada en Italia, es desconocida en nuestro país, situado en zona más fría. A la inversa, a los que se dirigen hacia el sur les parece que estas estrellas se elevan, al tiempo que descenden otras elevadas para nosotros.

Por otra parte, las inclinaciones de los polos guardan en todas partes la misma relación con respecto a los lugares que se hallan a la misma distancia de los polos terrestres, lo cual no sucede en ninguna figura, sino en la esférica. Por lo cual, resulta claro que la Tierra está contenida entre los polos y que, en consecuencia, es esférica. Añadamos a ello el he-

cho de que los habitantes de la zona oriental no observan los eclipses vespertinos del Sol ni de la Luna, y que los habitantes de la zona occidental no alcanzan a ver los eclipses matutinos; mientras que, entre quienes habitan en la zona media, (22) Algunos observan más tarde y otros más temprano. (22) Además, los navegantes comprueban que las aguas toman la misma forma, pues cuando no se ven las tierras desde la nave resultan visibles desde lo alto del mástil. Y, a la inversa, si fijamos una lancha en el extremo de un mástil, quienes estén en la costa observarán que, al alejarse la nave de la orilla, dicha lancha descenderá poco a poco, hasta que, por último, desaparecerá entre el crepúsculo. Asimismo, resulta evidente que las aguas, cuando por cualquier motivo bajan, siempre las partes más bajas así como también la Tierra, y no sobrepasan la costa más de lo que su convexidad le permite. Por esa razón la Tierra es tanto más elevada cuanto más sobresale del océano. (23).

DE QUÉ MANERA LA TIERRA Y EL AGUA FORMEN UNA ESFERA

Es así como el océano, rodeando las tierras y cubriendo sus aguas por doquiera, rellena las partes más profundas de ellas. Y, a fin de que las aguas absorbian todas las tierras, fue necesario que fuera menos agua que tierra —ya que ambas tienden hacia el mismo centro a causa de su peso—, de que algunas porciones de tierra, así como tan- tas que vemos aquí y allá, quedaran para la conservación de los animales. ¡Pues tanto el continente como todo el orbe terráqueo, ¿qué son, sino islas más o menos que las demás? Por cierto que no debemos pres- tar oídos a algunos peripatéticos (24) que afirman que la cantidad de agua es diez veces mayor que la de tierra, y ello por el hecho de que, en la trans- formación de los elementos, la licuefacción de una parte de tierra produce diez partes de agua; y, al aceptar esta idea, afirmaron que la Tierra emerge en un cierto punto porque, teniendo cavidades inte- riores, no está en equilibrio en todas partes con res- pecto a su peso, de modo que el centro de gravedad es diferente del centro de magnitud. Sin embargo, ellos se equivocaron por ignorar la ciencia de la geo- metría, al desconocer que la cantidad de agua no puede ser siquiera siete veces mayor que la de tierra, en que ninguna parte de la Tierra quede seca, a no

ser que las tierras aborrecen su centro de gravedad, cediendo el lugar a las aguas por su mayor peso. Pues las esferas guardan entre sí la proporción del cubo de sus diámetros: de tal modo que si hubiera siete partes de agua y una de tierra, el diámetro de esta última no podría ser mayor que la distancia del cen- tro a la circunferencia de las aguas. Resulta imposi- ble, en efecto, que la cantidad de agua sea diez ve- ces mayor.

El que no existe ninguna diferencia entre el centro de gravedad de la Tierra y el de magnitud se puede deducir del hecho de que la convexidad de las tierras que emergen del océano no es prominente en una continua proporción; de lo contrario, ella habría rechazado completamente las aguas marinas y no habría permitido en modo alguno la invasión de mares interiores ni de golfos tan profundos. Además, la profundidad del abismo no dejaría de crecer desde el borde mismo del océano, y no se presentarían a los navegantes de mar adentro islas ni escollos ni porción alguna de tierra. Es sabido que entre el Mar Egiptio y el Mar Rojo, casi en el centro mismo del orbe, media una distancia de apenas quince estadios. Por el contrario, si se consultase en el *Geographia* ex- tiende la tierra habitable hasta el círculo medio. y deja tierras desconocidas incluso donde los modernos han colocado a Cathay (25) y otras regiones inmen- sas hasta los 60 grados de longitud, de manera que las tierras habitables serían de mayor extensión que la del océano. (26) Y si añadimos a estas tierras las islas descubiertas en nuestros tiempos por los prin- cipes de España y de Portugal, principalmente Amé- rica —así denominada por el nombre del capitán que la descubrió, la cual, pese a que su magnitud nos es todavía desconocida, es considerada un nuevo mun- do—, además de muchas otras islas antes desconocidas, no nos asombraremos de que existan antipodas o

tierras opuestas a la nuestra. En efecto, razones geométricas nos llevan a creer que América ocupa una situación diametralmente opuesta a la de la India del Ganges.

Por todo lo dicho, considero evidente que las tierras y el agua se apoyan sobre el mismo centro de gravedad; que éste es el mismo que el centro de magnitud de la Tierra, ya que es la más pesada; que sus partes resquebrajadas se llenan de agua y que, por consiguiente, son pocas las aguas en comparación con las tierras, aunque, en la superficie, parezca mayor la extensión de las aguas. De tal manera resulta necesario que la Tierra, junto con las aguas que la rodean, tenga la figura que debía ver su sombra, pues en el eclipse de Luna proyecta la circunferencia de un círculo perfecto. La Tierra, pues, no es plana, como lo afirmaron Empedocles y Anaxímenes; ni tripániforme, como creía Leucipo; ni esafóidea, según opinaba Heráclito; ni en cierta manera hueca, como Demócrito; ni cilíndrica, como Anaximandro; ni tampoco infinita en su parte inferior, más densa hacia abajo, sino de perfecta esfericidad, según el parecer de los filósofos.

CAPÍTULO IV

EL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS CELESTES ES UNIFORME, CIRCULAR Y PERPETUO, O COMPUESTO DE MOVIMIENTOS CIRCULARES

En efecto, es propio de la esfera moverse circularmente, acto por el cual expresa su forma de cuerpo simplísimo, en el cual no es posible descubrir comienzo ni fin, ni separar un elemento del otro, (27) mientras que gira sobre sí misma a través de esos elementos. Ahora bien, existen muchos movimientos a causa de la multiplicidad de las esferas. (28) Y el más manifiesto de todos es la revolución diaria, que los griegos llamaron *nyctimeron*, esto es, el espacio de tiempo de un día y de una noche. Por este movimiento se cree que todo el mundo, a excepción de la Tierra, es llevado del este hacia el oeste. Este movimiento también es considerado como la medida común de todos los movimientos, ya que medimos el tiempo mismo principalmente por el número de días. Además, observamos otras revoluciones como si fueran opuestas, o sea desde el oeste hacia el este, en el Sol, la Luna y las cinco estrellas erráticas. De esta manera el Sol nos proporciona el año, la Luna los meses —el modo más vulgar de medir el tiempo—, y cada uno de los otros cinco planetas sigue su propio ciclo. Sin embargo, estos movimientos difieren en muchos aspectos [de los primeros]. En primer

lugar, en que no giran alrededor de los mismos polos que el primer movimiento, sino que siguen el curso oblicuo de la eclíptica [Zodiaco]; en segundo lugar, en que no parecen moverse en su circuito de manera uniforme. Pues se observa que el Sol y la Luna siguen su curso a veces más lentamente y otras con mayor rapidez. Y en cuanto a las otras cinco estrellas erráticas, las vemos a veces retroceder y detenerse [entre estos dos movimientos]. Y, mientras que el Sol avanza siempre por su curso directo, ellas erran de diverso modo, y se dirigen ya hacia el sur, ya hacia el norte, por lo cual se las llama planetas. Añadamos a ello el hecho de que a veces se acercan más hacia la Tierra, y se dice que están en su perigeo, y otras veces se alejan más de ella, y entonces se dice que están en su apogeo. Sin embargo, tenemos que admitir que estos movimientos son circulares, o bien que están compuestos de muchos movimientos circulares, pues mantienen estas irregularidades de acuerdo con cierta ley y las reproducen periódicamente, lo que no podría suceder si no fueran circulares. Pues solamente el círculo puede hacer volver lo pasado, así como el Sol, por ejemplo, mediante un movimiento compuesto de movimientos circulares nos hace retornar a la irregularidad de los días, de las noches y de las cuatro estaciones del año, en lo cual se observan múltiples movimientos, ya que es imposible que un simple cuerpo celeste se mueva irregularmente en una sola esfera. (29) Pues ello solo podría suceder, bien a causa de la inconstancia de la virtud matriz —ya sea una causa externa o de naturaleza interna—, o bien debido a la disparidad con respecto al cuerpo que es movido. Ahora bien, como nuestro entendimiento rechaza ambas suposiciones y puesto que es indigno atribuir tales cosas a seres consuetudinos en el orden superior, tenemos que admitir que sus movimientos iguales se nos aparecen como desiguales, (30) ya sea a causa de que sus círculos

tienen diferentes polos, o bien porque la Tierra no esté en el centro de los círculos en que se mueven. Por ello es que para nosotros, que observamos desde la Tierra, los movimientos de estos astros, a causa de sus diferentes distancias, cuando están más cercanos parecen más grandes que cuando están alejados, tal como lo demuestra la óptica; de tal manera, los movimientos iguales de las esferas nos parecerán, vistos desde distancias diferentes, movimientos desiguales en tiempos iguales. A causa de lo cual considero necesario, ante todo, que examinemos atentamente cuál es la relación de la Tierra con respecto al cielo, no ya con las ciencias pretendemos investigar las cosas más profundas, ignoremos las que nos son más próximas y, a causa del mismo error, atribuyamos a los cuerpos celestes lo que es propio de la Tierra.

CAPITULO V

SI ES PROPIO DE LA TIERRA EL
MOVIMIENTO CIRCULAR, Y DEL
LUGAR QUE ELLA OCUPE

Ya hemos demostrado que también la Tierra tie-

ne la forma de una esfera, y estimó que deberemos examinar si se sigue algún movimiento de su forma (31) y cuál sea el lugar que ocupe en el universo, pues sin ambas cosas no sería posible descubrir la razón cierta de los movimientos aparentes en el cielo. Aunque por lo común los autores admiten que la Tierra está en reposo en el centro del mundo —al punto de juzgar insostenible e, incluso, ridículo admitir lo contrario—, si consideramos el asunto más atentamente veremos que dicha cuestión no está resuelta todavía y que, por lo tanto, en modo alguno ha de ser despreciada. En efecto, todo movimiento local que observamos es causado, bien por el movimiento mismo de la cosa observada, bien por el del observador, o bien por el movimiento dispar de ambos. Pues entre los cuerpos que se mueven con movimiento igual y en la misma dirección, no se percibe el movimiento, (32) quiero decir, entre lo observado y el observador. Ahora bien, es desde la Tierra desde donde se contempla ese circuito celestial y se reproduce ante nuestra vista. Por tanto, si atribuimos algún movimiento a la Tierra, parecería igualmente en todas las cosas exteriores a ella pero en sentido

contrario, como desplazándose: tal como es, principalmente, la revolución diaria. Esta, en efecto, parecería abarcar todo el mundo, a excepción de la Tierra y de los cuerpos que están alrededor de ella. Ahora bien, si admitimos que el cielo no participa en nada de este movimiento y que la Tierra gira desde el oeste hacia el este, y si examinamos atentamente lo referente al orto y al ocaso aparente del Sol, la Luna y las estrellas, descubriremos que ello es así. Y puesto que el cielo contiene y encierra todas las cosas, lugar común de todas ellas, no aparece al punto con claridad por qué no se pueda atribuir el movimiento más bien al contenido que al continente, a lo ubicado que a lo ubicante. (33)

Defendieron, por cierto, esta opinión Heráclides y Eudanto, ambos pitagóricos, así como Hicetas de Siracusa, según Cicerón, (34) quienes pretendían que la Tierra estaba en medio del mundo y creían que las estrellas se ocultaban por la interposición de la Tierra y que reaparecían al cesar dicha interposición.

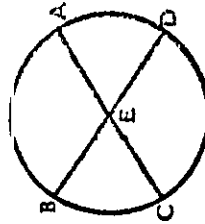
Solene era uno de los que, no pequeña, con respecto al lugar de la Tierra, (35) pese a que casi todos ya han admitido y han dado crédito a que la Tierra es el centro del mundo. Pues si alguno negara que la Tierra ocupe el medio o centro del mundo, sin admitir, sin embargo, que la distancia [de la Tierra al centro] sea lo suficiente grande para ser comparada con [la distancia al] la esfera de las fijas, sino que es considerable y evidente con respecto a las órbitas del Sol y de otros planetas, y si considerara por ello que sus movimientos parecen irregulares debido a que se refieren a otro centro diferente del de la Tierra, bien podría quizá proporcionar una razón válida de la irregularidad de los movimientos aparentes. El hecho de que las estrellas erráticas aparecen a veces más próximas a la Tierra y otras veces más lejanas,

nos dice que, necesariamente, el centro de la Tierra no es el centro de sus circuitos. Por otra parte, tampoco nos consta si la Tierra con respecto a ellas, o si ellas con respecto a la Tierra, se acercan o se alejan. Y no sería sorprendente si se atribuyera a la Tierra, además de la revolución diaria, algún otro movimiento. En efecto, Filolao el pitagórico —notable matemático, para visitar al cual Platón se dirigió a Italia, según aseguran quienes escribieron la vida de Platón—, (36) afirmó —dicen— que la Tierra giraba y que se trasladaba animada de múltiples movimientos y que era uno de los astros. Muchos, sin embargo, han creído que se podía demostrar, con razonamientos geométricos, que la Tierra está en medio del mundo, y que —siendo como un punto con respecto a la inmensidad del cielo— ocupa el lugar central, razón por la cual es inmóvil, (37) porque, al moverse el universo, el centro permanece inmóvil y las cosas que se hallan próximas a dicho centro se mueven muy lentamente.

CAPITULO VI

DE LA INMENSIDAD DEL CIELO EN RELACION CON LA MAGNITUD DE LA TIERRA

El hecho de que esta gran masa —que es la Tierra— no pueda compararse en modo alguno con la inmensidad del cielo puede deducirse de que los círculos divisivos (ésa es la traducción de la palabra griega *horizontes*) cortan toda la esfera celestial en dos mitades, lo cual no podría suceder si las dimensiones de la Tierra en comparación con el cielo o si su distancia desde el centro del mundo fueran considerables. Pues el círculo que divide la esfera en



dos mitades pasa por el centro de ella y es el máximo círculo que se puede circunscribir. Sea, pues, el horizonte el círculo ABCD y la Tierra —donde se sitúa el observador— sea E, centro mismo del horizonte, el cual separa las estrellas visibles de las no visibles.

Ahora bien, si por medio de una diptira, de un horoscopo o de un nivel colocado en E, observamos cuando Cáncer comienza a aparecer en e punto C, en el mismo momento Capricornio comenzará a ocultarse en A. Pero como AEC están en línea recta con la diptira, resulta claro que dicha línea es el diámetro de la eclíptica, ya que seis signos visibles [del Zodíaco] limitan una semicircunferencia, y el centro E, es el mismo que el del horizonte. Pero cuando se produzca una revolución de manera que Capricornio comience a aparecer en B, se verá entonces el ocaso de Cáncer en D, y BED será la línea recta y el diámetro de la eclíptica. Feto ya hemos visto que AEC es el diámetro de ese mismo círculo, por lo cual es evidente que su centro estará en la intersección de ambos. De esta manera, el círculo del horizonte siempre corta en dos partes la eclíptica, que es el círculo máximo de la esfera. Pero como en la esfera, si un círculo corta en dos a otro círculo máximo, el mismo círculo secante será también máximo, se sigue que el horizonte es uno de los círculos máximos y que su centro es el mismo que el de la eclíptica, según puede verse; aunque sea necesario que la línea que pasa por la superficie de la Tierra y la que atraviesa su centro sean diferentes, pero debido a su inmensidad con respecto a la Tierra son semejantes a las paralelas, las cuales a causa de la gran distancia de sus límites parecen ser una misma línea, cuando el espacio común que encierran deja de ser sensiblemente comparable con la longitud de ellas, tal como se demuestra en óptica.

Mediante este argumento resulta claro que el cielo es inmenso en comparación con la Tierra (36) y que presenta el aspecto de una magnitud infinita; además, según el sentido común, la Tierra con respecto al cielo es en magnitud como un punto con respecto a un cuerpo o como lo finito a lo infinito.

to. (37) *hacia allí* hemos llegado en nuestra demostración; de lo cual no se desprende la necesidad de que la Tierra esté en reposo en el centro del mundo. Y hubiera sido más asombroso aún si toda la inmensidad del mundo girara en el espacio de 24 horas, en vez de esta partícula mínima que es la Tierra. Pues el hecho de decir que el centro está inmóvil y que los cuerpos más cercanos al centro se mueven y que los cuerpos más lejanos están en reposo en medio del mundo; lo cual es lo mismo que decir que el cielo gira y que los polos están en reposo, y que los cuerpos más cercanos a los polos se mueven muy poco. De tal modo se observa que Cynosura [la estrella polar] se mueve mucho más lentamente que Águila o Canícula [Sirio], porque, por estar próxima al polo, describe un círculo menor, pues todas ellas están en una misma esfera, el movimiento de la cual, que termina en su eje, no permite que los movimientos en todas sus partes sean iguales entre sí, las cuales son arrastradas por la revolución del todo en tiempos iguales pero no en espacios iguales. El argumento de que la Tierra, al ser una parte de la esfera celeste, de su misma forma y movimiento, se mueve poco debido a su proximidad con respecto al centro, lleva a sostener que la Tierra se moverá, pues, siendo un cuerpo existente y no un centro, describirá en el mismo tiempo circunferencias semejantes al círculo del cielo, aunque más pequeñas. La falsedad de lo cual es harto evidente, pues sería necesario que en un lugar siempre fuera mediodía y en otro medianoche, de manera que ni el orto ni el ocaso diarios se podrían producir, ya que el movimiento del todo y de la parte sería uno e inseparable. (40)

Ahora bien, existe una relación muy diferente entre los cuerpos separados por diferencias reales, de modo que los que describen una circunferencia más pequeña giran con mayor velocidad con respecto a

los que se desplazan en torno de un círculo mayor. Es así que Saturno, el astro más alto de las erráticas, efectúa su revolución en treinta años, y la Luna, que es sin duda la más próxima a la Tierra, cumple su circuito en un mes, mientras que la Tierra, por su parte, se cree que gira en el lapso de un día y una noche.

Y aquí vuelve a aparecer el problema de la revolución diaria. E incluso la cuestión acerca del lugar de la Tierra se vuelve menos cierta sobre la base de lo que llevamos dicho. Pues no hemos demostrado sino que la magnitud del cielo es infinita con respecto a la Tierra, aunque no nos consta en absoluto hasta que punto llegue esta inmensidad. (Por el contrario, así como los pequesísimos corpúsculos indivisibles, que se llaman átomos, no siendo perceptibles, tampoco llegan a componer inmediatamente un cuerpo visible aunque se los duplique o se los sume varias veces, aunque puedan ser multiplicados por un número tal que al fin les permita unirse para formar una magnitud visible; así también sucede con respecto al lugar de la Tierra, pues, pese a que no se halla en el centro del mundo, su distancia no admite comparación principalmente con respecto a la esfera de las esferas fijas.) (41)

CAPITULO VII

POR QUE LOS ANTIGUOS HAN PENSADO QUE LA TIERRA ESTA EN REPOSO EN MEDIO DEL MUNDO COMO SU CENTRO

Por diversas razones, los antiguos filósofos han tratado de demostrar que la Tierra está en reposo en el centro del mundo, aunque la causa principal que alegan es la gravedad y la falta de peso. En efecto, la Tierra es el elemento más pesado y todas las cosas que tienen peso son atraídas hacia ella y tienden hacia su centro. Ahora bien, siendo redonda la Tierra, hacia la cual todas las cosas pesadas son atraídas por su propia naturaleza de todos lados y perpendicularmente a su superficie, éstas se precipitan hacia su mismo centro si no fueran retenidas en la superficie, ya que una línea recta, perpendicular a la superficie plana tangencial de la esfera, lleva al centro. Además, todas las cosas atraídas hacia el centro parecería que lo hacen para reposar en el mismo. Y con mayor razón, pues, la Tierra estaría en reposo en el centro, y, al recibir en sí todos los cuerpos que caen, permanecería inmóvil por su propio peso. (42)

Dichos filósofos trataron también de probar lo mismo mediante un razonamiento basado en el movimiento y su naturaleza. Dice Aristóteles (43) que

el movimiento de los cuerpos celestes y simple y recto, que los movimientos simples son rectilíneos o circulares y que los movimientos rectilíneos se producen hacia arriba o hacia abajo. En consecuencia, todo movimiento simple se produce hacia el centro —en el caso del movimiento hacia arriba—, o bien en torno del centro —movimiento circular—. Ahora bien, conviene, por cierto, a la Tierra y al agua, que son considerados pesados, el ser atraídos hacia abajo, lo que significa buscar el centro; pero al aire y al fuego, que son considerados livianos, corresponde moverse hacia arriba y alejarse del centro. Parecería conveniente, entonces, atribuir el movimiento rectilíneo a los cuatro elementos, y a los cuerpos celestes el de girar en torno del centro. Hasta aquí Aristóteles.

Sin embargo, dice Ptolomeo Alejandro (44) si la Tierra girara —aunque solo en su revolución diaria— sucedería necesariamente lo contrario a lo que se ha dicho. En efecto, este movimiento que en 24 horas atraviesa el circuito total de la Tierra ha de ser necesariamente muy acelerado y de velocidad insuperable, pues las cosas que son movidas en vertiginosa y repentina rotación parecen completamente inmóviles para quienes, antes de verlas, se están en las mismas. Para quienes, sin embargo, ya las han visto, tienden a dispersarse, a menos que alguna fuerza las mantenga juntas; (45) y haría ya mucho temer a la Tierra —afirma— que la Tierra en pedruzcos ya habría traspasado los cielos (lo cual es completamente irracional) (46) y, con mayor razón, los cuerpos animados y las demás masas separadas de ninguna manera podrían permanecer íntegros. Asimismo, los cuerpos al caer no llegarían en forma perpendicular al lugar que se propusieron alcanzar, desplazado con tanta rapidez. Por otra parte, veríamos las nubes y todos los demás cuerpos que flotan en el aire desplazarse siempre en dirección del oeste. (47)

CAPÍTULO VIII RESPUESTA A LOS ARGUMENTOS ANTERIORES Y SU INSUFICIENCIA

Para estos argumentos y por otros similares dicen que la Tierra está en reposo en el centro del mundo y que es indudable que así sea. Pero si alguno opinara que la tierra gira, dirá ciertamente que este movimiento es natural y no violento. Pues las cosas que están de acuerdo con la naturaleza producen efectos contrarios a las cosas que se hacen violándola. En efecto, las cosas a las cuales se aplica la fuerza o la violencia se corrompen por necesidad y no pueden subsistir mucho tiempo, pero las que se hacen de acuerdo con la naturaleza se mantienen correctamente y se conservan en su perfecta organización. Por lo tanto, si la Tierra, como se destruyeron las cosas terrestres, se destruyeron por la revolución producida por acción de la naturaleza, que es muy diferente de la que puede originar el arte o de la que proviene del ingenio humano. (48) Pero, ¿por qué no temió que ello sucediera más bien con el mundo, cuyo movimiento ha de ser tanto más veloz cuanto es mayor el cielo que la Tierra? ¿O el cielo ha llegado a ser tan inmenso, a causa de que es separado del centro por la increíble vehemencia de este movimiento, que debería caer si de cualquier modo se detuviera? Por cierto que si este razonamiento fuera valedero, también la magnitud del cielo se extendería al infinito. Pues cuanto más es llevado hacia lo alto por la fuerza misma del

movimiento, tanto más veloz será ese movimiento a causa de la circunferencia, siempre creciente, que sería necesario atravesar en el lapso de veinticuatro horas; y, a la inversa, al aumentar el movimiento, aumentaría también la inmensidad del cielo. De esta manera, la velocidad haría aumentar hasta el infinito a la magnitud, y la magnitud a la velocidad.

Y de acuerdo con el axioma de la física, según el cual "lo que es infinito no puede ser atravesado ni ser movido en modo alguno", (49) el cielo necesariamente se habría de detener. (50) Pero se afirma que más allá del cielo no existe cuerpo, lugar, vacío, ni nada en absoluto, y que, por ello, no hay manera posible de que el cielo se extienda; (51) de esta manera, sería absurdo si algo pudiera ser detenido por la nada. Pero si el cielo fuera infinito y limitado solamente por una concavidad interior, quizá se verbalizara mejor que no hay nada fuera del cielo, pues todo lo que ocupara algún espacio estaría en él; aunque el cielo permanecería inmóvil. En efecto, el movimiento es la razón principal con la que se pretende demostrar que el mundo es finito. (52) Pero dejemos a los físicos la discusión acerca de si el mundo es finito o infinito, y tengamos por seguro el hecho de que la Tierra, terminada por los polos, está limitada por una superficie esférica. ¿Por qué, entonces, continuamos dudando de otorgarle el movimiento correspondiente por naturaleza a su forma, (53) antes que trastornar el mundo entero, cuyos límites ignoramos y no podemos llegar a saber, (54) y no confesamos por fin que esta revolución cotidiana pertenece al cielo en apariencia pero a la Tierra en realidad? Y sucedería tal como pone Virgilio en boca de Eneas: *Prouelinur portu, terraeque urbesque recedunt* [Salimos del puerto y retroceden la Tierra y las ciudades]. (55)

En efecto, cuando un navío flota en aguas tranquilas, todas las cosas exteriores parecen moverse, a

juicio de los navegantes, según la imagen de su propio movimiento, y, por el contrario, creen que están en reposo junto con todas sus cosas. Así también puede suceder con el movimiento de la Tierra, es decir, que se crea que todo el mundo gira en torno de ella. ¿Y qué diremos de las nubes y de todas las otras cosas que de algún modo flotan en el aire, caen o ascienden hacia lo alto?: que no solo la Tierra, con el elemento acuoso que lleva consigo, se mueve de esta manera, sino también una parte no pequeña del aire y todas aquellas cosas que en cierto modo tienen algún parentesco con la Tierra, ya sea que el aire próximo a la Tierra, mezclado de materia terrea o acuosa, participe de la misma naturaleza que la Tierra, o bien que este movimiento del aire sea adquirido, del cual participa sin resistencia a causa de la continuidad y perpetua revolución de la Tierra. (56) Por el contrario, con no menor admiración se dice que la región más alta del aire sigue el movimiento celestial, tal como lo indican aquellas estrellas repentinas llamadas cometas o *pogonia* por los griegos, cuya generación se atribuye a ese lugar, las cuales tienen su orto y su ocaso como las demás estrellas. (57) Nosotros podemos afirmar que esa parte del aire está desprovista del movimiento terrestre, debido a su gran distancia de la Tierra. Por consiguiente, parecerá tranquilo el aire próximo a la Tierra, así como todo aquello que flote en él, a menos que se vean agitadas hacia aquí o hacia allá por vientos o cualquier otra fuerza (lo que suele suceder). Pues los vientos en el aire, ¿en qué se diferencian de las corrientes en el mar?

Pero debemos confesar que, en comparación con el mundo, el movimiento de los cuerpos que caen y de los que se elevan es doble y totalmente compuesto de rectilíneo y circular. Con respecto a las cosas que, por razón de su peso, se mueven hacia abajo, al ser en extremo terrosas, es indudable que sus partes conservan la misma naturaleza que el todo, (58) y no es

por otra razón que las cosas ígneas son arrastradas hacia lo alto. Pues el fuego terrenal se alimenta principalmente de materia terrestre; es así que la llama se define como humo ardiente. Ahora bien, es una propiedad del fuego extenderse por donde ha llegado a prender, lo que se lleva a cabo con tal fuerza que ningún medio ni máquina alguna pueden impedirle que cumpla su obra, una vez rota su prisión. Pero el movimiento expansivo procede desde el centro hacia la circunferencia; por consiguiente, si alguna de las partes terrestres se encendiera, sería llevada desde el centro hacia lo alto. (59) Por lo tanto, tal como se dice, a un cuerpo simple le corresponde movimiento simple —lo cual se verifica principalmente en el movimiento circular— mientras el cuerpo simple permanece en su unidad y en su lugar natural. Porque en este lugar el movimiento no es sino circular, y permanece completamente en sí mismo, similar al reposo. El movimiento rectilíneo, sin embargo, corresponde a aquellos cuerpos que se evaden de su lugar natural, o son expulsados de allí, o que, de cualquier manera, están fuera de él. Nada repugna más a la ordenación del conjunto o a la organización del mundo que el hecho de que algo este fuera de su lugar. Por tanto, el movimiento rectilíneo no pertenece sino a los cuerpos no del todo correctos y que no están en perfecto acuerdo con la naturaleza, ya que se separan de su todo y abandonan su unidad. (60) Por otra parte, los cuerpos que se desplazan hacia arriba o hacia abajo, aun sin tener en cuenta el movimiento circular, no gozan de un movimiento simple, uniforme y regular, pues no pueden acomodarse a su liviandad o a la fuerza de su peso. Y los que caen, al principio tienen un movimiento lento, cuya velocidad aumenta con la caída, mientras que, por el contrario, advertimos que este fuego terrestre (el único que podemos observar), llevado hacia lo alto, inmediatamente comienza a apagarse, como con-

tesando la causa de la violencia de la materia terrestre. El movimiento circular, por su parte, se produce siempre de manera uniforme, pues tiene una causa constante; (61) pero el rectilíneo cesa en su aceleración, pues una vez que los cuerpos han conseguido su lugar dejan de ser livianos o pesados y su movimiento se detiene. Por consiguiente, como el movimiento circular pertenece al todo y el rectilíneo a las partes, podemos decir que el circular permanece con el rectilíneo, así como el animal con la enfermedad. (62) Y el hecho de que Aristóteles haya dividido el movimiento en estos géneros, a saber, desde el centro hacia el centro y en torno del centro, ha de ser considerado tan solo como un acto de la razón, así como distinguimos la línea, el punto y la superficie, aunque ninguno de ellos pueda subsistir sin el otro y ninguno tampoco sin el cuerpo. (63)

A todo ello debemos añadir que se considera más noble y divino el estado de inmovilidad que el de mutación e inestabilidad, el cual, por ello, corresponde más bien a la Tierra que al mundo. Añadamos también que parecería en extremo absurdo atribuir el movimiento al continente y a lo localizante, y no, más bien, al contenido y a lo localizado, que es la Tierra. (64) Y, por último, siendo evidente que las estrellas erráticas a veces se acercan a la Tierra y a veces se alejan de ella, entonces el movimiento de un solo y mismo cuerpo alrededor del centro —esto es, el centro de la Tierra— será al mismo tiempo centrifugo y centrípeto. Conviene, pues, considerar más generalmente el movimiento en torno del centro, lo que sería suficiente si cada movimiento se refiriera a su propio centro. (65) Vemos así que, por todas estas razones, es más probable la movilidad de la Tierra que su inmovilidad, sobre todo en la revolución diaria especialmente propia de la Tierra. Considero que todo esto es suficiente para responder a la primera parte de la cuestión.

der de su centro, necesariamente aparecerían exteriormente en forma similar en muchos cuerpos; y entre ellos encontramos la revolución anual. Porque si cambiamos la revolución anual de solar en terrestre, atribuyendo inmovilidad al Sol, los ortos y ocasos de los signos y de las estrellas fijas —gracias a los cuales aparecen ya por la mañana, ya por la tarde—, aparecerían del mismo modo; y se observaría que las estaciones, retrogresiones y progresiones de los planetas no serían movimientos de ellos, sino de la Tierra, movimientos que las apariencias le quitán. Por último, se considerará que el Sol ocupa el centro del mundo, y que estas cosas nos las enseñan la razón del orden con que estos cuerpos se suceden mutuamente, así como la armonía de todo el mundo: a condición de que las observemos tan solo con ambos ojos, según dice el proverbio. (69)

CAPITULO IX

SI ES POSIBLE ATRIBUIR MUCHOS MOVIMIENTOS A LA TIERRA, Y ACERCA DEL CENTRO DEL MUNDO

Ya que nada se opone a la movilidad de la Tierra, opino que deberemos examinar ahora si es posible atribuirle múltiples movimientos, de manera que pueda ser considerada como una de las estrellas erráticas. (66) Los movimientos aparentes y regulares de los planetas y sus distancias variables con respecto a la Tierra —cosas que no puedan ser explicadas mediante círculos homocéntricos de la Tierra— ponen de manifiesto que ella no es el centro de todas sus revoluciones. Por consiguiente, ya que existen muchos centros, podríamos preguntarnos —y no temerariamente— si el centro del mundo es el mismo que el de la gravedad terrestre u otro. Yo, por mi parte, estimo que la gravedad no es otra cosa que una apetencia natural, infindida en las partes por la divina providencia del creador de todas las cosas, de modo que se reúnan en su unidad e integridad para integrar la forma de un globo. (67) Y es fácilmente creíble que esta propiedad pertenezca también al Sol, la Luna y demás estrellas erráticas, de manera que, por su efecto, se perpetúen en la figura esférica con la cual aparecen, los cuales no dejan de efectuar sus movimientos circulares de diferentes modos. (68) Si, pues, la Tierra efectuara otros movimientos, además de los que realiza alrede-

CAPITULO X

DEL ORDEN DE LAS ESFERAS
CELESTES

No veo a nadie que dude de que el ciclo de las estrellas fijas sea el más alto de todas las cosas visibles. Mas, con respecto al orden de las erráticas, los antiguos filósofos quisieron determinarlo según la magnitud de sus revoluciones, por la razón de que, entre los cuerpos movidos a velocidad igual, los que se hallan más alejados parecen ser trasladados más lentamente, (70) tal como lo demuestra Euclides en su *Optica* (71) Y *permanen*, por esto, que la Luna efectúa su revolución en un brevísimo espacio de tiempo, por qué, por estar próxima a la Tierra, gira en el círculo más pequeño. Saturno, por el contrario, es el más elevado, ya que cumple el círculo más grande de todos en el mayor espacio de tiempo. Por debajo de Saturno encontramos a Júpiter y, luego, a Marte. Con respecto a Venus y Mercurio existen, en cambio, diversos pareceres, por el hecho de que no se alejan enteramente del Sol, como aquéllos. Es por ello que algunos los colocaron por encima del Sol, como Platón en el *Ti-meo*, y otros por debajo de él, como Ptolomeo (72) y gran parte de los modernos. Alpetragio, por su parte, coloca a Venus por encima del Sol, y a Mercurio por debajo. (73)

Por otra parte, quienes siguen a Platón, al opinar que todos los planetas (que son, por lo demás,

cuerpos oscuros) brillan con la luz solar que reciben, creen que si los planetas estuvieran por debajo del Sol, a causa de la pequeña distancia que los separa de él, se verían tan sólo en su mitad o, al menos, no completamente esféricos. En efecto, ellos reflejarían hacia arriba la luz que reciben, es decir, hacia el Sol, tal como lo vemos en la Luna nueva o en la decreciente. Y afirman que necesariamente el Sol ha de ser oculto a veces por la interposición de ellos y que la luz solar sería eclipsada de acuerdo con la magnitud [de esos planetas], lo cual, como nunca sucede, les hace pensar que de ninguna manera están por debajo del Sol. (74)

Por el contrario, quienes colocan a Venus y Mercurio por debajo del Sol dan como razón la amplitud del espacio que encuentran entre el Sol y la Luna. Pues descubrieron que la máxima distancia entre la Tierra y la Luna, o sea $64\frac{1}{6}$ de las unidades que equivalen cada una a un radio terrestre, (75) está contenida casi 18 veces en la menor distancia entre el Sol y la Tierra, distancia que es de 1.160 de esas unidades y, entre el Sol y la Luna, de 1.096 de las mismas. Ahora bien, a fin de que espacio tan inmenso no quedara vacío, descubrieron que los intervalos entre los perigeos y apogeos, por los cuales calculan el espesor de las esferas, llegan aproximadamente a la misma suma, de manera que el apogeo de la Luna sea sucedido del perigeo de Mercurio, cuyo apogeo será seguido por el perigeo de Venus, el apogeo de la cual casi tocará el perigeo del Sol. (76) Entre el efecto, calculan aproximadamente que el intervalo entre el perigeo y el apogeo de Mercurio contiene aproximadamente $177\frac{1}{2}$ de esas unidades de que ya hemos hablado, y que el espacio restante estaría casi lleno por las 910 unidades del intervalo [entre el perigeo y el apogeo] de Venus. Por consiguiente, ellos no admiten que estos planetas tengan cierta opacidad, sino que brillan bien por su

luz propia o bien debido a que sus masas están impregnadas de luz solar y que, en consecuencia, no oscurecen el Sol, pues sería un hecho sumamente raro que se interpusieran ante nuestra vista y el Sol, ya que se retiran [del Sol] en el sentido de la latitud. Además, son cuerpos pequeños en comparación con el Sol, ya que Venus, aunque es mayor que Mercurio, apenas puede abarcar la centésima parte del Sol, según afirma Albatenio.(77) quien considera que el diámetro del Sol es diez veces mayor y que, por lo tanto, no es fácil ver una mancha tan pequeña en una luz tan resplandeciente. Averroes, sin embargo, en su parafrasis de Ptolomeo, recuerda haber visto ~~algo~~ ~~resplandecer~~ ~~cuando observaba la conjunción del Sol y de Mercurio~~ que había calculado.(78) De esta manera, ellos opinan que estos dos planetas se mueven por debajo del círculo solar.

Cuán débil e incierto sea este razonamiento se desprende del hecho de que, siendo la distancia más corta de la Luna de 38 unidades, de las que el radio terrestre es una —según Ptolomeo; aunque según una estimación en mayor grado fidedigna llega a más de 49, como luego se verá—, sin embargo, no sabemos que este gran espacio contenga algo que no sea aire o, si se prefiere, lo que se llama elemento ígneo.(79) Además, el diámetro del epiciclo de Venus —a causa del cual Venus sufre una digresión angular de aproximadamente 45 grados a cada lado del Sol— debería ser seis veces más grande que la distancia del centro de la Tierra hasta su perigeo, tal como se demostrará en su oportunidad. ¿Qué dirán ellos que está contenido en todo este espacio, que es tan grande como para contener la Tierra, el aire, el éter, la Luna y Mercurio, y que, además, abarcaría el enorme epiciclo de Venus si girara alrededor de una Tierra inmóvil?

Cuán poco convincente sea ese argumento de

Ptolomeo, de que el Sol debería ocupar la posición media entre los planetas que se alejan en todos los sentidos del Sol y los que no lo hacen, se desprende del hecho de que la Luna, que se aleja en todos los sentidos, revela su falsedad.

Pero los que colocan a Venus por debajo del Sol, y luego a Mercurio, o los separan según otro orden, ¿a qué causa atribuirán el que estos planetas no efectúen circuitos independientes y diferentes del Sol, así como los demás planetas, a menos que la relación de rapidez y lentitud no tergiversa el orden? Sería necesario, pues, o bien que la Tierra no sea el centro al cual se refiere el orden de los astros y de sus órbitas, o bien que no haya razón de su orden y se ignore por qué el lugar superior se debe a Saturno más bien que a Júpiter o a cualquier otro planeta.(80) Por lo cual considero que no se debe despreciar en absoluto lo que explicaron Marciano Capella, quien escribió una enciclopedia,(81) y algunos otros latinos. Ellos piensan que Venus y Mercurio giran alrededor del Sol, que estaría en el centro, y por esa causa creen que Venus y Mercurio no tienen mayor elongación del Sol de lo que les permite la convexidad de sus órbitas; pues ellos no describen un circuito alrededor de la Tierra como los otros, sino que tienen perigeos y apogeos intercomuniados [en la esfera de las estrellas fijas]. ¿Qué quieren, pues, significar, sino que el centro de sus esferas está en torno del Sol? Por tanto, el círculo orbital de Mercurio estaría encerrado dentro del círculo orbital de Venus —que habría de ser más de dos veces mayor— y hallaría suficiente espacio en dicha amplitud. Ahora bien, si alguno tomara esta ocasión para referir Saturno, Júpiter y también Marte al mismo centro(82) —siempre que se comprenda que la dimensión de esas órbitas es tal que contenga y encierre la Tierra dentro de ellas—, no se equivocaría, tal como lo demuestra la tabla de las reglas de sus movimientos.

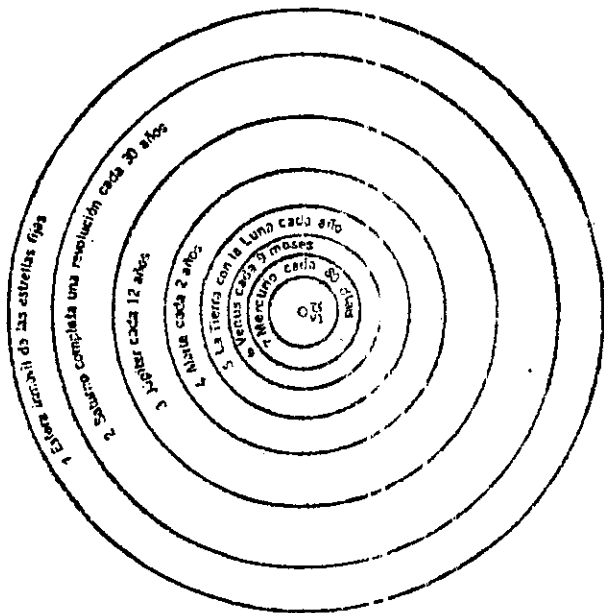
Nos consta, por otra parte, que [los planetas]

siempre están más cercanos a la Tierra en su aparición vespertina, esto es, cuando se oponen al Sol y la Tierra está en el medio, entre ellos y el Sol. Pero, por el contrario, ellos están muy alejados de la Tierra en el ocaso vespertino [de los planetas], es decir, cuando se ocultan en las proximidades del Sol y cuando, especialmente, tenemos el Sol entre ellos y la Tierra. Todo esto demuestra claramente que el centro de ellos está más directamente relacionado con el Sol y que es el mismo al cual Venus y Mercurio refieren sus revoluciones. Pero, como todos ellos se apoyan en un centro común, es necesario que el espacio que queda entre la órbita convexa de Venus y la cóncava de Marte sea considerado como un círculo o línea o esfera homocéntrica con respecto a ellos según ambas superficies (83) y que reciba a la Tierra junto con su satélite, la Luna, y todo lo que esté contenido dentro del globo lunar. Pues de ninguna manera podemos separar la Luna de la Tierra, ya que la Luna está indiscutiblemente muy próxima a la Tierra, sobre todo porque encontramos en este espacio un lugar para la Luna conveniente y suficientemente vasto.

Por consiguiente, no debemos vacilar en admitir que este todo que la Luna encierra, (84) así como el centro de la Tierra, atraviesan el gran círculo orbital (85) entre las otras estrellas erráticas en una revolución anual alrededor del Sol, y que el centro del mundo está en él; que el Sol permanece inmóvil y que todos los movimientos aparentes que se le atribuyen pueden verificarse por la movilidad de la Tierra; que la magnitud del mundo es tal que, aunque la distancia del Sol a la Tierra, en relación con cualquier esfera planetaria que se quiera, posea una magnitud que es suficientemente considerable en proporción con esta dimensión, esta distancia, comparada con la esfera de las estrellas fijas, es imperceptible; (86)

y que encuentro mucho más fácil admitir eso, antes que distraer la inteligencia por una multitud casi infinita de esferas, tal como están forzados a hacer quienes colocan la Tierra en el centro del mundo. (87) Nosotros más bien debemos seguir la sabiduría de la naturaleza, la cual, teniendo gran cuidado en no producir nada superfluo o inútil, prefiere a menudo dudar a una misma cosa de muchos efectos.

Y aunque todas estas cosas son difíciles, casi inconcebibles, y contrarias a la opinión de muchos, con la ayuda de Dios, en lo que sigue las habremos de tornar más claras que el Sol, al menos para quienes no ignoran el arte de la matemática. En efecto, si dejamos intacta la primera ley (pues nadie ha de proponer otra más conveniente) de que la magnitud de las órbitas se mide por la magnitud del tiempo, el orden de las esferas procederá de la manera siguiente, comenzando por la más elevada. La primera y más alta de todas es la esfera de las estrellas fijas, que se contiene a sí misma y a todas las demás cosas, y que, por tanto, es inmóvil; (88) es el lugar del universo al cual se refieren el movimiento y la posición de todas las otras estrellas. Y, como algunos piensan que de algún modo se mueve, (89) nosotros, al explicar el movimiento terrestre, diremos por qué causa ello parece así. (90) A continuación, sigue la primera de las estrellas erráticas, Saturno, el cual cumple su circuito en 30 años. Después de él viene Júpiter, que se mueve en una revolución de 12 años. Luego Marte, cuyo circuito es de 2 años. El cuarto lugar en la serie está ocupado por la revolución anual en el cual hemos dicho que la Tierra, junto con la órbita de la Luna, está contenida como un epiciclo. En quinto lugar está Venus, que gira en 9 meses. El sexto lugar, por último, está ocupado por Mercurio, que efectúa su revolución en un período de 80 días. En el centro de todos ellos reside el Sol. Y colocado en ese



templo hermosísimo, ¿quién podría haber puesto a este lumínar en otro lugar mejor, donde pueda iluminarlo todo al mismo tiempo? (91) Pues no imprudentemente algunos lo llamaron "liname del mundo", otros "mente", y otros, "rector". Trisnegisto lo llama "dios visible"; Sofocles, en *Electra*, "el que lo ve todo". Y así, como en un trono real, gobierna la familia de los astros que giran en torno. (92) La Tierra, por otra parte, no se verá privada en lo más mínimo de los servicios de la Luna, pues como dice Aristóteles en *De animalibus*, la Luna tiene un gran parentesco con la Tierra. (93) Esta, mientras tanto, concibe del Sol y produce un parto anual.

[Encontramos, pues, en este orden, una maravillosa correspondencia en el mundo, y un nexo ir-

mónico entre el movimiento y la magnitud de las órbitas, tal que no puede hallarse de diferente manera. Pues aquí el observador atento podrá ver por qué la progresión y retrogradación parezcan más grandes en Júpiter que en Saturno, y menores que en Marte; y, también, más grandes en Venus que en Mercurio; y por qué esta reciprocación aparezca con más frecuencia en Saturno que en Júpiter y menos a menudo en Marte y Venus que en Mercurio; así mismo, por qué Saturno, Júpiter y Marte están más cerca de la Tierra cuando surgen por la tarde que cuando se produce su ocultación y aparición. (94) Y, principalmente, por qué Marte, en oposición con el Sol, parece igualar a Júpiter en magnitud (95) (del que se distingue tan sólo por su color rojizo), pero cuando se lo reconoce mediante un sextante, luego de diligente observación, apenas se lo encuentra entre las estrellas de segunda magnitud. Todo ello se debe a la misma causa, la cual reside en el movimiento de la Tierra.

El hecho de que nada de todo ello aparezca en las estrellas fijas pone de manifiesto su inmensa altitud, lo que hace desaparecer ante nuestra vista la órbita de su movimiento anual o su imagen, pues toda cosa visible tiene un límite cierto en su distancia, más allá del cual deja de verse, tal como se demuestra en óptica. Y el brillo de sus luces demuestra que existe una gran distancia entre Saturno, la más alta de las erráticas, y la esfera de las estrellas fijas. Por este indicio, principalmente, se distinguen de los planetas, pues conviene que, entre las que se mueven y las que no lo hacen, exista la más grande diferencia. ¡Tan perfecta es la divina obra de Dios! (96)

CAPITULO XI

DEMOSTRACION DEL TRIPLE
MOVIMIENTO DE LA TIERRA

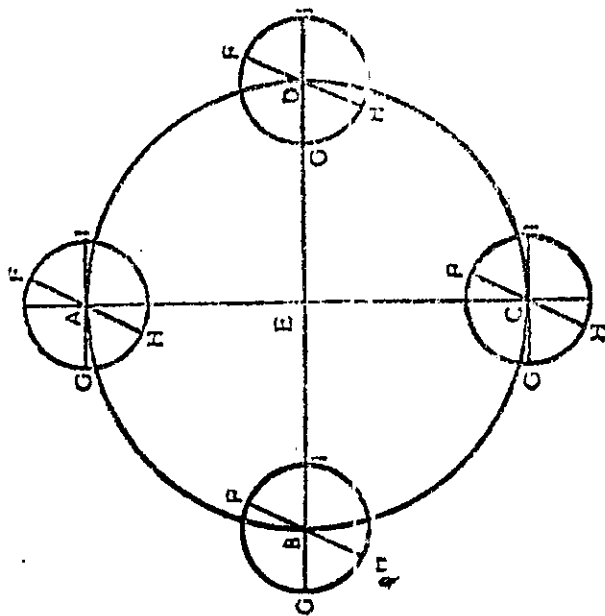
Dado que tantos y tan importantes testimonios por parte de las estrellas erráticas concuerdan en la movilidad terrestre, expliquemos este movimiento brevemente, en la medida en que los fenómenos puedan ser explicados tomando como hipótesis dicho movimiento. Debemos admitir un triple movimiento. El primero, del que ya hemos dicho que fue denominado por los griegos *nychthemeron*, es el propio circuito de un día y una noche, que se dirige del oeste hacia el este alrededor del eje terrestre —aunque se crea que el mundo se mueve en dirección opuesta— describiendo el círculo equinoccial, que algunos llaman "equinax", imitando la expresión de los griegos, quienes lo denominaron *isemeron*.

El segundo es el movimiento anual del centro, el que describe el círculo de los signos [del Zodíaco] alrededor del Sol, también desde el oeste hacia el este, o sea, tal como lo hemos dicho, entre Venus y Marte, junto con los cuerpos que lo acompañan. De esta manera, el mismo Sol parece atravesar la eclíptica con movimiento similar; de modo que, por ejemplo, cuando el centro de la Tierra atraviesa Capricornio, el Sol parece atravesar Cáncer, Acuario parece atravesar Leo, y así sucesivamente (tal como hemos dicho). Por otra parte, se ha de comprender

que el círculo del ecuador y el eje de la Tierra tienen una inclinación variable con respecto al centro y al plano de la eclíptica. Porque, si permanecieran fijos y si siguieran tan solo el movimiento del centro, no habría desigualdad alguna entre los días y las noches, sino que siempre se estaría en solsticio, de verano o de invierno, o en equinoccio, o sería siempre neceria siempre igual.

Sigue luego el tercer movimiento, de la declinación, revolución también anual, pero en precedencia, esto es, en sentido contrario al movimiento del centro. (97) Es así que, por causa de estos dos movimientos casi iguales entre sí, aunque en sentido contrario, el eje de la Tierra y el más grande de los círculos paralelos de ella, el ecuador, miran casi hacia la misma parte del mundo, como si estuvieran inmóviles. Mientras tanto, se observa que el Sol se mueve a lo largo de la oblicuidad de la eclíptica, con un movimiento con el cual el centro de la Tierra se mueve como si fuera el centro del mundo, lo que es posible siempre que recordemos que la distancia entre el Sol y la Tierra, en comparación con la esfera de las estrellas fijas, es imperceptible para nosotros.

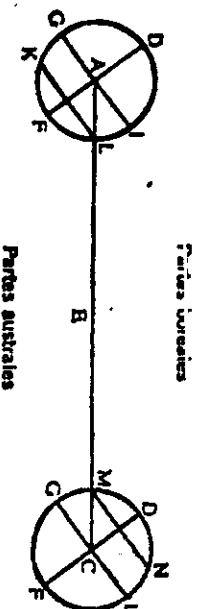
Y ya que todas estas cosas se prestan más a ser examinadas ocularamente que a ser expuestas tan solo de palabra, tracemos el círculo ABCD, que representará el circuito anual del centro de la Tierra en el plano de la eclíptica, y sea E el Sol en su centro. Contemos este círculo en cuatro partes iguales mediante los diámetros AEC y BED. El punto A será el comienzo de Cáncer, B de Libra, C de Capricornio y D de Aries. Supongamos que el centro de la Tierra está primeramente en A, sobre el cual trazaremos el ecuador terrestre FGHI, pero no en el mismo plano, de manera que el diámetro CAI sea



la sección común de los círculos, esto es, del ecuador y de la eclíptica. Tracemos también el diámetro EAH en ángulos rectos con respecto a GAI; y sea F el límite de la más grande declinación hacia el sur y H hacia el norte. Basándonos en esta presentación, los habitantes de la Tierra verán el Sol, que está en el centro E, en la posición del solsticio de invierno en Capricornio, efecto de la más grande declinación boreal en H, que se inclina hacia el Sol. Ahora bien, la inclinación del ecuador con respecto a la línea AE describe en la revolución diurna el trópico de invierno, que es paralelo al ecuador en la distancia comprendida por el ángulo de inclinación EAH. Hagamos avanzar, pues, el centro de la Tierra hacia el este, y sea F el límite de la más grande declinación hacia

el oeste, hasta que en B ambos hayan atravesado cuadrantes de círculos. Mientras tanto, a causa de la igualdad de las revoluciones, el ángulo EAI siempre será igual al AEB, y los diámetros FAH y GAI serán siempre paralelos a los diámetros FBH y GBI, y el ecuador seguirá paralelo al ecuador. Por esta causa, de la que ya hemos hablado a menudo, estas líneas aparecerán identificadas en la inmensidad del cielo. En consecuencia, desde el punto B, comienzo de Libra, aparecerá E en Aries y la sección común de los dos círculos coincidirá en una misma línea GBIE, con respecto a la cual la revolución diaria no admite ninguna declinación, sino que toda la inclinación será lateral. De esta manera, el Sol se verá en el equinoccio de primavera. Supongamos que el centro de la Tierra avance sobre estas mismas condiciones y veremos que, cuando ha completado un semicírculo en C, el Sol parecerá ingresar en Cáncer. Pero, debido a que F, la declinación austral del ecuador, gira hacia el Sol, resulta que éste se ve en el norte, atravesando el trópico de verano, de acuerdo con el ángulo de inclinación ECF. Y cuando F se mueve hacia el tercer cuadrante del círculo, la sección común GI caerá nuevamente hacia la línea ED; por lo cual el Sol, observado en Libra, parecerá haber alcanzado el equinoccio de otoño. Pero entonces, continuando con el mismo movimiento, H irá tornará paulatinamente hacia el Sol, y volverá la situación del comienzo, de la que hemos partido.

Expliquémoslo de otra manera. Sea igualmente AEC el diámetro en el plano [de la eclíptica] y la sección común con el círculo ABC perpendicular a su plano. En este plano, en A y en C, es decir, en Cáncer y Capricornio, describamos a su vez el meridiano de la Tierra que pasa por los polos, el cual será DGEI; y sea el eje de la Tierra DE, el polo norte D, el polo sur F y GI el diámetro del ecuador.



dor. Ahora bien, cuando F toma en dirección del Sol, que está en E, y la inclinación del ecuador es boreal en proporción con el ángulo IAE, entonces el movimiento alrededor del eje describirá, con el diámetro KL y a la distancia LI, paralelamente al ecuador, el círculo austral, que aparece con respecto al Sol como el trópico de Capricornio. O bien, para hablar más propiamente, este movimiento alrededor del eje describe, en la dirección de AC, una superficie cónica, que tiene el centro de la Tierra como su vértice y un círculo paralelo al ecuador en su base. Además, en el signo opuesto, C, las mismas cosas suceden inversamente. Resulta manifestado, pues, hasta qué punto los dos movimientos mutuamente opuestos, uno en el ecuador y el de la inclinación, fuerzan al eje de la Tierra a permanecer equilibrado del mismo modo y a mantener una posición similar, y cómo hacen aparecer las cosas como si fueran movimientos del Sol.

Hemos dicho que las revoluciones anuales del centro y de la declinación eran aproximadamente iguales, porque, si fueran exactamente así, los puntos del equinoccio y del solsticio y la oblicuidad de la eclíptica con relación a la esfera de las estrellas fijas no deberían cambiar en modo alguno. Pero como esta diferencia es muy pequeña, no se pone de manifiesto sino a través de mucho tiempo: en realidad, desde la época de Ptolomeo hasta nosotros, se ha producido una precesión de los equinoccios y solsticios de apro-

ximamente 21 grados. Por esa razón, algunos han creído que la esfera de las estrellas fijas se movía e imaginaron, por tanto, una novena esfera más alta; y como ello no fue suficiente, los modernos añaden una décima, pero sin conseguir el fin que —espero— alcanzaremos mediante el movimiento de la Tierra, del que habremos de servirnos como un principio e hipótesis para demostrar otras cosas. (98)

(1) Esta carta al lector, tal como lo hemos dicho en la Introducción, ha sido escrita por A. Oslander sin saberlo o, quizá, contra la voluntad de Copérnico. Denunciado por *Astronomum Chese*, este hecho fue publicado por Kepler en su *Apologia Tychonis contra Ursam*, y en *Astronomia nova seu physica coelestis tradita commentariis de motu stellarum*, ed. Fritsch, vol. III, p. 136 y ss.). Kepler emprende allí la defensa de Copérnico contra Ramus, quien habla denominado a la teoría copernicana *fabula absurdissima*. Kepler responde: puestas por Oslander *fabula absurdissima*. Copérnico, Gasendi, en su *Vita Copernici*, París, 1654, p. 391, reproduce la afirmación de Kepler. A pesar de todo, tal como lo hemos dicho, esta carta al lector fue atribuida a Copérnico también por Montucla, en *Histoire des mathématiques*, ed. Lalande, París, 1798-1802, y por Delambre, en *Histoire de l'astronomie moderne*, París, 1821. Acerca de la historia y los orígenes de la teoría fenomenista de la ciencia, cf. Duhem, *Science et philosophie*, y *La théorie physique, son objet et sa structure*, París, 1906.

Es cierto que esta concepción de la ciencia no es la de Copérnico. Oslander podía alegar, con todo, que Copérnico mismo había empleado el término "hipótesis" tanto en el título de su *Commentariolus de hypothesebus motuum coelestium a se constitutis* como en la carta-prefacio al *De revolutionibus*.

(2) Abreviación. G. Kastner, *Geschichte der Mathematik*, vol. II, p. 367, Gotinga, 1797, atribuye a Oslander el haber añadido *orbium coelestium* al título primitivo de Copérnico, el cual sería: *De revolutionibus libri sex*. Al final del libro quinto Copérnico dice, en efecto, *quintus revolutionum liber fuit*. Según la inscripción de Christmannus en el manuscrito autógrafa, el título sería *De revolutionibus coelestibus*. Como lo hace notar muy justamente M. Menzert (*op. cit.*, nota 2), Copérnico emplea muy a menudo los tér-

minos *revolutio orbium coelestium*, especialmente en la carta prefacio al papa Paulo III. Además, no hay duda alguna de que Copérnico crea en las órbitas y esferas celestes.

(3) El *De revolutionibus*, cuya elaboración, naturalmente, se prosiguió durante largos años, fue terminado en 1529, como fecha más temprana, dado que Copérnico tiene en cuenta allí algunas observaciones hechas durante ese año (ver *De revolutionibus orbium coelestium*, edición de Torun, 1873, p. XVII) y en 1531 como fecha más tardía, dado que las observaciones realizadas en 1532 (determinación del apogeo de Venus), que Copérnico ha anotado en una hoja insertada en su ejemplar de la *Tabula Directionum de Regiomontanus*, allí no se utilizan. Ver Curtze, *Reliquiae Copernicanae*, p. 29.

(4) Ya que, evidentemente, no puede negarse aquí que *De revolutionibus*, se podría admitir que Copérnico alude a sus años después del regreso de Copérnico a su patria, durante su permanencia en Lidzbark Warminsky. Curtze estima, es cierto, que el *Commentariolus* fue compuesto entre 1533 y 1539 (ver *Mittelungen des Copernicus-Vereins zu Thorn*, I, Leipzig, 1881, p. 2 y ss.), opinión que fue adoptada por Dreyer tanto en su *Tycho Brahe*, Edinburgo, 1890, p. 136 en su *History of the planetary systems*, Londres, 1906, p. 136 y ss. L. Birkenmajer, M. Kopernik, Cracovia, 1900, estima, en cambio, que la fecha de composición debería retroceder hasta 1512, basándose en las diferencias existentes entre el sistema del *Commentariolus* y el del *De revolutionibus*: el Sol en el primer escrito, se halla colocado en el centro de la órbita terrestre, mientras que, en el *De revolutionibus*, la órbita terrestre es exocéntrica con respecto al Sol. La objeción es importante. Es cierto que no se trata sino de un dibujo, y el que reproduce en el libro primero del *De revolutionibus*, donde expone la "constitución general" del universo, coloca igualmente al Sol en el centro de las órbitas. Copérnico, por otra parte, escribe en el *Commentariolus*: "Proposición tercera: todas las órbitas rodean al Sol, como existentes en el centro, por lo cual en el Sol está el centro del mundo", expresión que reproduce textualmente en el *De revolutionibus*. Se podría añadir que, si Copérnico hubiera compuesto efectivamente el *Commentariolus* en 1512, o ya en 1509, lo habría comunicado a sus amigos y ello se sabía. Ahora bien, sus amigos ignoran, evidentemente, no solo el escrito, sino también las ideas de Copérnico; como su amigo y condiscípulo Wapowsky, canónigo de Cracovia, el cual, en 1522, envió a Copérnico el *De motu octavarum sphaerarum* de Johann Werner,

de Nuremberg, aparecido el mismo año. Ahora bien, en su respuesta a Wapowsky, en la que Copérnico discute las ideas de J. Werner sobre la trepidación y hace su crítica (la carta de Copérnico fue publicada en la edición de sus *Obras*, Varsovia, 1854, y, más tarde, por Curtze (*op. cit.*, fasc. I), y por L. Prowe (N. *Copernicus und seine Zeit*, vol. II, pp. 172-183, Berlin, 1884), Copérnico no hace alusión alguna a sus propias ideas. Podría ser, por otra parte, que esta objeción no sea tal. Se podría suponer —y es la hipótesis que proponemos— que Copérnico, habiendo escrito el *Commentariolus*, lo habría comunicado primeramente a su tío Lucas de Wazelrode, el cual, hombre de iglesia y con mucho sentido práctico, no pudo sino darle el consejo de mantenerse tranquilo sin mostrarlo a nadie. Solo así podría más tarde, una vez acabada o a punto de terminar la elaboración del *De revolutionibus*, cuando Copérnico se manifestó a sus amigos, como Ciesse y Daniscus, de los cuales estaba seguro. El no podía tener amigos semejantes en Frombork cuando llegó en 1506, luego de una ausencia de diez años, ni siquiera mucho después, sobre todo porque había hasta 1529 no en Frombork, sino en Lidzbark Warminsky, con su tío.

(5) En el momento en que Copérnico escribió esto, su teoría no era conocida más que en la *Narratio prima* de J. Rheticus.

(6) Debemos observar que la duración del año no es más fácil de establecer en el sistema copernicano que en el antiguo.

(7) La uniformidad del movimiento planetario (circular) es un dogma de la dinámica copernicana. Rheticus, en su *Narratio prima* (edición de Torun, p. 461), al enumerar las ventajas del sistema copernicano, expresa: "El señor preceptor veía que por esta única razón fácilmente sucedería que, siendo en sumo grado propio el movimiento circular en el mundo, todas las revoluciones de los círculos se moverían uniformemente y regularmente sobre sus centros y no otros".

(8) La armonía y el orden del universo es un tema común a Copérnico y a Kepler. Como este último, Copérnico es también un pitagórico. Veamos lo que dice Rheticus, *Narratio prima*, edición de Torun, p. 467: "Existen, pues, solo seis órbitas móviles, que giran en torno del Sol, centro del universo, la medida común de las cuales es la gran órbita que lleva consigo a la Tierra... ¿Y quién pudo haber elegido un número más cómodo y digno que el sexto? ¿Qué puede ser más conveniente para la creación de Dios que el que esta primera y perfectísima obra esté incluida en el número primero y más perfecto?".

(9) Este Nicetus se llamaba en realidad, al menos según Diógenes Laercio, Hicetas = Hiketas. Cf. Jdele, *Ueber das Verhältniss des Copernicus zum Altertum*, Berlin, 1868, p. 27. El pasaje al cual alude Copérnico se encuentra en las *Academicæ questiones* de Cicéron, l. IV, cap. 29. Ver también Schiaparelli, *Die Vorläufer des Copernicus im Altertum*, Leipzig, 1876, o *I precursori di Copernico nell'Antichità* (Scritti sulla storia della astronomia antica, Bologna, 1925).

(10) Plutarco, *De placitis philosophorum*, l. III, cap. 13. [Este párrafo está en griego en el original.]

(11) Copérnico —lo que se le reprochará más tarde— refiere los movimientos de los planetas al centro de la órbita terrestre. Ahora bien, para poder calcular las posiciones de los planetas con respecto a la Tierra, para "salvar los fenó-

menos", necesitaba encontrar un punto fijo en el espacio, el cual ya no podía ser la Tierra, ni tampoco el Sol, el que no desempeña ningún papel en su mecánica celeste. No podía ser otro, sino el centro de los movimientos de la Tierra.

(12) "Salvar los fenómenos", *salvare apparentia*, *sózin ta phainómena*. Para la historia de esta expresión véanse las obras de Duhem, ya citadas, y de Schiaparelli, *op. cit.*, p. 67 y ss. El sentido corriente de la expresión afirma simplemente la necesidad, por parte de una teoría científica, de estar de acuerdo con la experiencia (en el sentido amplio del término) o con el dato fenomenal. En su sentido más profundo "salvar los fenómenos" expresa, por el contrario, la necesidad para los fenómenos de estar fundados en la razón. La razón —la explicación racional— que relaciona el fenómeno cambiante y movi con el ser, lo "salva" en el sentido más crudo del término.

(13) Los pasajes más a menudo esgrimidos contra el movimiento de la Tierra son los siguientes: *Salmas*, IX, 9; XII, 12; *Eclesiastés*, XXV, 25. La afirmación de Copérnico, de que estos pasajes son "deformados especialmente para sus propósitos", pareciera osada. Pero quizá significa solamente que las Escrituras no constituyen un tratado de astronomía y que el fin de la revelación no es el de dar a la humanidad un curso de física. El sentido de la revelación y, en consecuencia, el sentido de las Escrituras son muy diferentes. Seméjante opinión no tenía nada de subversivo en el siglo XVI.

(14) Lactancio, *De divinis institutionibus*, III, 24.

(15) La comisión del Concilio de Letrán (1514), encargada de la reforma del calendario, tenía entre sus miembros a un amigo y colega de Copérnico, Bernhard Scultetus. Es probable que éste haya llamado sobre Copérnico la atención

del presidente de la comisión, Paulo Schonberg, quien hizo pedir el parecer de Copérnico. Este, por otra parte, se negó a darlo.

(16) Sobre Paulo Schonberg, obispo de Fosombrone, y sus relaciones con Copérnico y Widmannstadt, ver L. Burkenmayer, *M. Kopernik*, Cracovia, 1900.

(17) Nada menos moderno que esta estimación del saber no según su naturaleza, sino según su objeto.

(18) Plutarco, *De placitis philosophorum*, III, 13; cf. *Questiones platonice*, XXII, XXIII.

(19) El mundo de Copérnico, contrariamente a la opinión expresada a menudo, sobre todo por Bert, *Copernico et la vicenda del sistema copernicano*, Roma, 1876, pp. 69 y 74, es esférico y finito, exactamente como el de Aristóteles.

(20) La forma esférica de las partes no se puede explicar sino por la misma forma del todo.

(21) Esta tendencia, contrariamente a la opinión de A. Müller (cf. N. Copernicus, p. 114, Friburgo, 1898), no tiene nada de común con la fuerza de atracción de Newton. Los cuerpos tienden a la forma esférica porque esta forma es la más perfecta; además, los semejantes tienden a reunirse. Es estoicismo, no newtonianismo, el cual, por otra parte, quizá salió de allí.

(22) Frase que, evidentemente, no tiene ningún sentido. Es curioso comprobar que Copérnico no observa que atribuye implícitamente un sentido absoluto a los términos "oriental" y "occidental".

(23) Todos estos argumentos fueron conocidos desde la Antigüedad. Copérnico aquí no hace más que resumir a Ptolomeo, cf. *Almagesto*, l. cap. III y IV, o cualquier simple manual, como el de Peurbach.

(24) Cf. Günther, *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*, III, Halle, 1878; y P. Duhem, *Études sur Léonard da Vinci*, I, p. 71 y ss.

(25) Se trata de China.

(26) Cf. Ptolomeo, *Geografía*, l. VI, cap. 16.

(27) Que el movimiento circular sea el movimiento natural de los cuerpos celestes es un dogma de la física copernicana tanto como de la física de Copérnico, y ello por una razón muy simple: el movimiento circular es el único movimiento uniforme que puede proseguir indefinidamente en un espacio finito (cf. Aristóteles, *Física*, II, 2; V, 2; *De celo*, I, 2; II, 14; *Quest. mech.*, VIII). Pero para Aristóteles este movimiento es una propiedad de los cuerpos celestes y expresa la forma sustancial de ellos. Las esferas giran porque son celestes, es decir, eternas y divinas. Para Copérnico, giran

en virtud de su forma esférica, forma geométrica, ya no sustancial. Por ello, también, mientras Aristóteles está obligado a admitir una materia celeste propia (*quinta essentia*), Copérnico no tiene necesidad de nada por el estilo. La forma geométrica tiene en él una virtud dinámica. Es probable, tal como piensa Dubem, *op. cit.*, p. 201 y ss., que haya heretado esta concepción (que Aristóteles ya menciona) de Nicolás de Cusa (*cf. De ludo globi, Opera*, edición de Basilea, 1565, p. 222 y ss.), que seguramente conocía, tal como lo ha mostrado L. Birkenmajer, *op. cit.*, p. 417 y ss. Como lo hemos visto, Copérnico estaba en tal forma persuadido de la necesidad de no adoptar sino movimientos circulares para explicar los fenómenos celestes, que considera una de las ventajas más importantes de su teoría el poder "librarnos de las ecuantas" (*cf. Rhetoricus, Narratio prima*, p. 461). Pues afirma, además, en el *De revolutionibus*, IV, cap. 3, "¶; alio se videtur respondendum axioma que dicitur quod el movimiento de los cuerpos celestes es regular salvo cuando aparece irregular con respecto a las apariencias; si el movimiento regular aparente del epiciclo es realmente irregular y se lleva a cabo en forma del todo contraria al principio supuesto y establecido?" Esto es una prueba manifiesta de que Copérnico no quería solamente salvar los fenómenos "como matemáticos", sino también proporcionar una explicación real. Sobre la diferencia entre las actitudes del matemático y del físico, *cf. Dubem, Le système du monde*, vol. I, p. 183, París, 1911; y, sobre todo, los textos citados por Schiaparelli, *op. cit.*, pp. 67-70.

(28) Contrariamente a la opinión generalmente admitida desde Humboldt, de que las esferas de Copérnico son construcciones matemáticas y no entidades reales (*ver*, por ejemplo, A. Müller, *op. cit.*, p. 65 y ss.), me parece seguro que ellas son tan reales como las de la astronomía medieval. Está claro que dicho pasaje no tiene sentido a menos que las esferas sean lo bastante reales para explicar los movimientos.

(29) Otro pasaje más que demuestra la realidad de las esferas. Insisto en este punto, desconocido hasta hoy.

(30) *Cf. De revolutionibus*, V, cap. 2: "¶ conceden los matemáticos que aquí la regularidad del movimiento circular puede hacerse con respecto a otro centro, no el propio... Lo cual ya ha sido refutado suficientemente".

(31) *Cf. supra*, cap. 2.

(32) Este razonamiento —óptica pura— no implica en modo alguno, tal como lo ha observado acertadamente Meverson (*cf. Identité et Réalité*, p. 584 y ss.), una relatividad del movimiento galileano.

(33) Buen argumento aristotélico que no es, en boca de Copérnico, un argumento *ad hominem*.

(34) *Cf. supra*, Prefacio.

(35) Si se abandona la inmovilidad absoluta de la Tierra, no hay razón alguna para dejar de atribuirle también un movimiento local.

(36) *Cf. Plutarco, De placitis philosophorum*, III, 13.

(37) El razonamiento es falso, pues no se trata de geometría pura (la Tierra no es un punto), sino de física y de óptica.

(38) *Inmensum* significa: incommensurable y no finito.

(39) Para la estimación de los sentidos; no en sí.

(40) El razonamiento geométrico contra el cual argumenta Copérnico implicaría, si se lo trasladara a la física, el movimiento de la esfera del mundo íntegro, y no solamente de la superficie esférica que forma el cielo de las fijas. Falso implicaría la inmovilidad de la Tierra con respecto al cielo, así como el movimiento "regular" de los planetas, es decir, que serían arrastrados por el movimiento de la esfera.

(41) Las dimensiones de la esfera de las fijas (concebida como esfera real) son tales que la distancia que separa a la Tierra del centro del mundo no aparece a los sentidos, lo que explica la ausencia de paralaje en las estrellas fijas.

(42) *Cf. Ptolomeo, Almagesto*, I, 7. Copérnico sigue paso a paso la exposición de Ptolomeo, a quien guiso imitar, tal como lo dice Rhetoricus, en la composición del *De revolutionibus*.

(43) Aristóteles, *De caelo*, I, 2; Física, II, 1; V, 2.

(44) Ptolomeo, *Almagesto*, I, 7.

(45) ¿Qué ocasión para atribuir la fuerza de la gravedad? Copérnico no lo hace porque la desconoce.

(46) Los fragmentos de la Tierra serían proyectados a mayor altura que el cielo.

(47) *Cf. E. Mach, La Mécanique, exposé historique et critique de son développement*, París, 1898. Sobre la historia de estas discusiones ver P. Dubem, *Études sur Leonardo da Vinci*, II, París, 1909; E. Wöhlwill, *Galileo und sein Kampf für die Copernikanische Lehre*, Hamburgo, 1909-1921; L. Olshki, *Galileo und sein Zeitalter*, Halle, 1929.

(48) Siendo la rotación un movimiento natural de la Tierra, no engendra, piensa Copérnico, fuerzas centrífugas, como tampoco las engendra el movimiento de los cielos. *Cf. Ptolomeo, Almagesto*, I, 7.

(49) Aristóteles, Física, III, 4; *De caelo*, I, 5.

(50) Aristóteles, Física, IV, 4; VIII, 10; *De caelo*, I, 7.

(51) Aristóteles, Física, I, 1; II, 14; *De caelo*, I, 9.

(52) La inmovilidad de la Tierra implica efectivamente la finitud del mundo, porque la rotación del espacio infinito es, evidentemente, una idea absurda.

(53) "La movilidad correspondiente a su forma" es el movimiento circular correspondiente a la forma esférica, e, inverso, que deriva de ella, según Copérnico.

(54) La dimensión indefinida del mundo ha sido enseñada por Nicolás de Cusa. Copérnico difiere, sin embargo, en su geometrización más completa de la noción de espacio.

(55) Virgilio, *Eneida*, III, 72.

(56) El movimiento del aire se efectúa, pues, ya sea en virtud de su naturaleza terrestre, ya sea por causa de la fuerza a la cual no se opone resistencia alguna por tratarse de un movimiento natural y no de un movimiento violento.

(57) Las cometas eran consideradas como meteoros, es decir, como fenómenos que se producen en la atmósfera.

(58) Las cosas que son arrastradas por su peso son "terrosas" y, en consecuencia, participan de la naturaleza de la Tierra en virtud de que están animadas por el mismo movimiento circular que la Tierra. No se trata en modo alguno de la ley de inercia, de la que Copérnico no tiene la menor idea, sino de una naturaleza o virtud positiva que explica el movimiento.

(59) Al no ser la pesantez una cualidad primera en la física copernicana —resultante de la tendencia a la reunión de los semejantes, que anima a la materia—, tampoco la liviandad es una cualidad de los cuerpos. Los cuerpos "livianos" se elevan porque el calor los lleva hacia lo alto.

(60) Como consecuencia de la geometrización de la noción de forma en la dinámica copernicana, el movimiento rectilíneo en ella es siempre violento o bien es el efecto de un movimiento violento. El único movimiento natural es el movimiento circular.

(61) La causa del movimiento circular es la forma misma del móvil.

(62) Aristóteles, *Física*, II, 1; V, 2; *De cielo*, I, 2.

(63) La clasificación real es, según Copérnico, en movimientos naturales (circulares) y violentos (rectilíneos). La dirección del movimiento no cambia su naturaleza. Además, en realidad, todos los movimientos de los cuerpos son "mixtos" y compuestos de rectilíneos y circulares.

(64) Aristóteles, *De cielo*, I, 2. La objeción de Copérnico parece ser más que una respuesta dialéctica. El mundo de Copérnico, no lo olvidemos, es finito y limitado por la esfera inmóvil de las fijas.

(65) Cada esfera, cada órbita y cada cuerpo celeste

pueden tener, pues, centros propios para sus movimientos. El cosmos copernicano no tiene centro dinámico; el sistema de movimientos de cada cuerpo celeste es perfectamente independiente. Además, el centro de los movimientos no es un cuerpo físico, sino un punto geométrico.

(66) "La Tierra es una estrella errática". Por esta afirmación la astronomía copernicana entusiasmó al Renacimiento. Es bien sabido que fue Nicolás de Cusa el primero que dijo de la Tierra que era una *stella mobilis* (cf. *De docta ignorantia*, II, 17).

(67) No se trata en modo alguno —tal como lo creyó Humboldt (*Kosmos*, II, p. 348 y ss. y III, p. 18 y ss.) y como lo repitió A. Müller (*N. Copernic*, Friburgo, 1897, p. 114) y L. Stahl (*Kopernicus*, Berlín, 1908, p. 74)— de la gravitación universal, sino de la tendencia de los semejantes a reunirse.

(68) Los cuerpos celestes no se atraen mutuamente y no tienen en absoluto la tendencia a reunirse, porque no son de la misma naturaleza. Es por ello que un trozo de la Luna transportado a la Tierra (e inversamente) la dejaría para volver a la Luna.

(69) El Sol no ocupa el centro de los movimientos planetarios (tampoco el centro de los movimientos de la Tierra), sino el centro del universo, es decir, el centro de la esfera de las fijas. El papel del Sol, en el sistema de Copérnico, es únicamente óptico. Ilumina el mundo. No hace mover los planetas.

(70) A velocidades iguales (velocidad de traslación, no velocidad angular) los planetas (es decir, las órbitas) son proporcionales a los tiempos.

(71) Euclides, *Óptica*, Theor. LVI, Prop. LVII.

(72) Ptolomeo, *Almagesto*, IX, 1.

(73) Cf. Hipler, *Spicilegium Copernicanum*, p. 135.

(74) El razonamiento es justo. Pero estas fases de Venus y de Mercurio, invisibles a simple vista, solo fueron descubiertas por Galileo.

(75) Del centro de la Tierra a su superficie.

(76) Se trata de distancias entre la Tierra y las órbitas de los planetas.

(77) Albateno o Al-Battani, cuyas tablas traducidas por Platón de Tivoli fueron impresas en 1537. Juan de Sacro Bosco ya las había utilizado.

(78) Averroes dice, en su *Comentario a la "Metafísica"* de Aristóteles que la astronomía de Ptolomeo no es sino un recurso calculatorio. El pasaje fue citado por Ptolemaeus al final de la *Narratio prima*.

(79) Los cuatro elementos ocupaban, en la cosmología medieval, cuatro esferas concéntricas ordenadas según su grado de pesadez o de liviandad.

(80) El principio de la correspondencia entre el tiempo de circunvolución y la distancia es la base teórica del orden del universo. Si se lo deja caer —como pretenden hacerlo quienes colocan a Venus y a Mercurio por encima del Sol—, no se tiene más posibilidad alguna de determinar el orden de los otros planetas.

(81) Martinus Capella, *De nuptiis Philologiae et Mercurii libri duo, de grammatica, de dialectica, de rhetorica, de geometria, de arithmetica, de astronomia, de musica libri septem*, I, 19, Vincentiae, 1499, p. III. El tratado de M. Capella ha sido el "manuscript" de la Edad Media; fue traducido al alemán en el siglo XI por Notker Labeo.

(82) Es curioso ver a Copérnico esbozar aquí el sistema de Tico Brahe. Sería lógico detenerse en ello, pero nada permite suponer que el pensamiento copernicano haya pasado verdaderamente por una etapa tico-brahense. Parecía haber pasado directamente de Ptolomeo a... Copérnico, colocando el Sol en el centro del universo y viendo en la movilidad de la Tierra el medio general de "salvar los fenómenos".

(83) La expresión de Copérnico no puede comprenderse si no se admiten órbitas o esferas sólidas, tal como las representaban los astrónomos de la Edad Media y como las imaginaba Peurbach. Cf. también Rheicus, *Narratio prima*, p. 466: "Entre la superficie cóncava de la esfera de Marte y la convexa de Venus, y todo lo que existe en espacio bastante amplio, el globo de la Tierra con sus elementos adyacentes giran en un gran círculo".

(84) El mundo sublunar.

(85) La Tierra está fijada en la esfera que la ampara. Las órbitas de la astronomía copernicana son objetos reales y de ninguna manera construcciones matemáticas. Ellos transportan los planetas y se mueven con un movimiento circular y uniforme en virtud de su redondez. Es lo que también dice Rheicus en la *Narratio prima* (p. 468 de la edición de Torun): "Y habiendo efectuado estas consideraciones generales, procedamos a la enumeración de los movimientos circulares que corresponden a cada una de las esferas y a los cuerpos que están adheridos y que reposan en ellas".

(86) El mundo de Copérnico es finito, pero suficientemente grande para que la parálisis de las fijas sea imperceptible, tal como se enseña en óptica.

(87) La gran ventaja de la astronomía copernicana consiste en poder librarnos "de las ecuantes" (Rheicus, *op. cit.*,

p. 461). En cuanto a la "multitud casi infinita de los círculos", a la cual Copérnico opone la simplicidad y el carácter natural de su sistema, la posición no es tan grande como él dice. De Ptolomeo o Peurbach hasta Copérnico no se ganan sino seis (sic) movimientos. Podemos juzgar por ello qué valor puedan tener ciertos juicios históricos como los de J. Bertrand, por ejemplo, el cual, en *Fondations de l'astronomie moderne* p. 12, glorifica a Copérnico por haberse librado del yugo de Ptolomeo y de las vanas sutilezas de esta arquitectura extraña.

(88) La esfera de las fijas es, tanto para Copérnico como para Aristóteles, el límite y el "lugar del universo". Las esferas u órbitas de los planetas son más o menos homocéntricas, como en Peurbach.

(89) El problema de *motu curvato* aparece con la "teoría disputada" de los astrónomos.

(90) Se admite el movimiento de la octava esfera para explicar ciertas irregularidades de los "fenómenos" (precisión de los equinoccios, irrupción, etc.). Copérnico, al negar este movimiento, lo reemplaza por un movimiento correspondiente de la Tierra, más exactamente, por un retardo del "tercer movimiento" con respecto al movimiento de circunvolución anual.

(91) Esta consideración óptico-metáfrica parece haber sido el motivo más profundo del pensamiento copernicano. El más hermoso lugar para el astro más hermoso, Plutón! Él más exactamente la idea de la armonía, p. 465: "Dios expresa igualmente la idea de la armonía a su administrador de la curvatura en el centro de este teatro a su administrador de la naturaleza, rey de todo el universo, conspicuo por su divina majestad, el Sol, a cuyo ritmo se mueven los dioses y el mundo recibe sus leyes y resuelve los pacios ordenados".

(92) Según C. L. Menzies, Copérnico alude a los versos 823-826 de dicha tragedia (cf. N. Copernicus, *Über die Kreisbewegungen der Weltkörper*, Torun, 1879, nota 33). Si el Sol "gobierna" la familia de los astros lo hace, sin embargo, de un modo no mecánico.

(93) Según Menzies se trata del *De generatione animalium*, IV, 10 (*op. cit.*, nota 34).

(94) Saturno, Júpiter y Marte surgen por la tarde, cuando la Tierra está entre ellos y el Sol.

(95) La gran excentricidad de la órbita de Marte explica las variaciones de distancias. Cuando Marte se eleva por la mañana, el Sol se encuentra entre él y la Tierra.

(96) *Opifex* (demiurgo).

(97) Este famoso "tercer movimiento" de la Tierra tiene por objeto mantener el eje de la Tierra paralelo a ella

misma en su movimiento de traslación alrededor del Sol. Copérnico piensa que, librada a sí misma, el eje de la Tierra describiría un segmento de cono y tendría una inclinación constante con respecto al Sol. La inutilidad de ese tercer movimiento ha sido reconocida bien pronto, desde el descubrimiento de la noción de inercia. Ver Lalande, *Astronomie*, 1792, I, N. 1.100; Cassendi, *Institutio astronomica*, Londres, 1653, libro III, 3. Pero lo más curioso es el hecho de que ya Kepler no solamente no admite la necesidad de este "movimiento" de compensación de un movimiento ficticio, sino que tampoco comprende siquiera por qué Copérnico creyó en la necesidad de admitirlo. Ello se debe a que la concepción copernicana no puede ser comprendida sino en la hipótesis de las esferas sólidas que transportan los planetas enclavados en ella, concepción que Tico Brahe ya no admitía (cf. la nota de N. Millard en su edición de Copérnico, *Astronomia instaurata comprehensa qui De revolutionibus orbium coelestium inscribitur...*, Amsterdam, 1617, p. 23), y que Kepler no llega siquiera a comprender. Kepler no vio que las esferas de Copérnico son sólidas y que, en consecuencia, tiene efectivamente necesidad de un movimiento que enderece el eje terrestre en la medida en que el eje de la esfera lo hace declinar. Para él, las esferas no pueden ser más que construcciones matemáticas (Kepler ve a los planetas moverse libremente en el espacio) y, por ello, no comprende el papel del tercer movimiento. Es curioso observar cuánto se había modificado la visión del cielo en un lapso tan corto.

(98) El manuscrito continúa con una carta inauténtica de Lysias a Hiparco que Copérnico luego tachó, reemplazándola por capítulos de *fiatelo astronomica*. Los contenidos de los últimos tres capítulos del libro primero son: 12. La longitud de las líneas rectas en un círculo; 13. Los lados y los ángulos de los triángulos planos (rectilíneos); 14. Los triángulos esféricos. El segundo libro se ocupa de astronomía esférica; el tercero expone la precesión de los equinoccios y el movimiento del Sol (o más bien de la Tierra); el cuarto la teoría del movimiento de la Luna; el quinto los movimientos de los planetas en longitud y el sexto sus movimientos en latitud.

INDICE

Advertencia preliminar	5
Introducción	7
NICOLAS COPÉRNICO LAS REVOLUCIONES DE LAS ESFERAS CELESTES	31
Al lector, acerca de las hipótesis de esta obra	35
Al Santo Padre Paulo III, Sumo Pontífice. Prefacio de Nicolás Copérnico a los libros de las revoluciones	39
LIBRO PRIMERO	
Prólogo	47
I. El mundo es esférico	51
II. La Tierra también es esférica	52
III. De qué manera la Tierra y el agua forman una esfera	54
IV. El movimiento de los cuerpos celestes es uniforme, circular y perpetuo, o compuesto de movimientos circulares	57
V. Si es propio de la Tierra el movimiento circular, y del lugar que ella ocupa	60
VI. De la inmensidad del cielo en relación con la magnitud de la Tierra	63
	103

INDICE

VII. Por qué los antiguos han pensado que la Tierra está en reposo en medio del mundo como su centro	67
VIII. Respuesta a los argumentos anteriores y su insuficiencia	69
IX. Si es posible atribuir muchos movimientos a la Tierra, y acerca del centro del mundo ..	74
X. Del orden de las esferas celestes	76
XI. Demostración del triple movimiento de la Tierra	84
ÍNDICES	91

Se terminó de imprimir...
en noviembre de 1965
en los Talleres Gráficos JULIO KAUFMAN S.R.L.
Corrientes 1976 - Buenos Aires