

timonios renovados incesantemente, y nunca se atravesó ningún hecho contrario, como le había sucedido al sistema de las apariencias todas las veces que eran más precisas las observaciones. La física, la química, la mecánica, las matemáticas, en los auxilios de diversa especie que han prestado á la astronomía, no han hecho más que realzar el brillo de la teoría proclamada por Copérnico y Galileo. Actualmente la astronomía es la ciencia que tiene mejores fundamentos, la más inquebrantable y respetada; y es también la más admirable entre todas, debiendo su grandeza á los genios escudriñadores de la naturaleza, cuya gloria pura y sin mancha conservará siempre su auréola, sobre todo al ilustre sacerdote de Frauenburgo que consagró toda su vida al estudio de la divina creación y murió dejando á la Tierra la obra más sublime que haya salido del cerebro de la humanidad: el conocimiento del sistema del mundo.

APÉNDICE

TRADUCCION ABREVIADA DE LOS PÁRRAFOS FUNDAMENTALES
DE LA OBRA DE COPÉRNICO

Ya que nos hemos puesto en relación con el ilustre astrónomo y su obra, parécenos interesante é instructivo tomar en nuestras manos el libro y recorrerle atentamente para darnos cuenta de los puntos fundamentales de su método y de su demostración.

Sabemos que esa obra inmortal que al cambiar la base de la astronomía hizo que el espíritu humano progresara de un modo inmenso, se publicó por primera vez en 1543 en Nuremberg con este título: *Nicolai Copernici Torinensis, de Revolutionibus orbium caelestium, libri VI.*

En la misma página del título se leía este aviso del impresor ó editor:

«Estudioso lector: tienes en esta obra nueva los movimientos de las estrellas, fijas ó errantes, que se han restablecido con vista de las observaciones antiguas y recientes, y que además se han explicado por nuevas hipótesis sumamente curiosas. Encontrarás también tablas corrientes por las cuales podrás calcular facilísimamente

para el tiempo que quieras esos mismos movimientos. Compra pues, lee é instrúyete. »

La obra comienza por el desdichado preámbulo de Osiandro de que hemos hablado ya, que dió lugar á errores sin cuento porque no llevaba firma. Osiandro se propuso conquistar la indulgencia de los lectores en favor de la obra, sin pensar que el medio empleado podía empañar el bello carácter de Copérnico, lo cual estaba bien léjos de su mente.

Sigue al preámbulo de Osiandro la carta de Schomberg, cardenal de Capua, carta reproducida ya, escrita para hacer grandes elogios de Copérnico y para instarle á que publicara su obra en interes de la ciencia. Osiandro que contaba mucho con el buen efecto que infaliblemente habia de producir la opinion de un principe de la Iglesia debió obtener licencia del cardenal para publicar sus cartas.

Luego está la epistola que Copérnico dirigió al papa :

« Ad sanctissimum Dominum Paulum III pontificem maximum, Nicolai Copernici præfatio. » Sin duda alguna, esta epistola que llena cinco páginas era el único prólogo que Copérnico destinaba á su obra, pues si hubiese querido otro se lo habria pedido á su amigo Rético que seguramente se habria apresurado á satisfacer una voluntad que era sagrada para él.

Ya hemos reproducido esa presentacion, esa dedicatoria tan notable del astrónomo polaco al jefe de la cristiandad. La obra propiamente dicha empieza despues de estos tres documentos. Vamos á recorrerla rápidamente para nuestra edificación científica, deteniéndonos en los párrafos fundamentales.

Las primeras proposiciones que aparecen á la cabeza del Libro Primero son estas :

« La Tierra es esférica, porque como decian los antiguos la esfera es la mas perfecta de todas las figuras. Además,

es aquella que con la misma extension en superficie, circunscribe en todos sentidos mayor espacio. El Sol y la Luna son de forma esférica. Es la forma que naturalmente afectan los cuerpos, como se ve por las gotas de agua. No cabe duda pues, que todos los cuerpos celestes son de forma esférica. »

En la edicion de 1617, anotada por Muller, despues de este primer capitulo sobre la perfeccion de la esfera se lee una nota que se confirma con otras consideraciones, y termina con esta figura que ordinariamente se atribuye á Pascal, y que por consiguiente le es bien anterior : « Si se quisiera definir á Dios podria decirse que Dios es una esfera cuyo centro está en todas partes y cuya circunferencia en ninguna. »

En el capítulo II se demuestra que la Tierra es esférica como el universo.

Las razones con que se probaba entónces la esfericidad vienen á ser las mismas que empleó Ptolomeo. Un objeto visible de léjos puesto en lo alto del palo mayor de una nave, y visto desde tierra, parece que baja á medida que la nave se aleja, y es lo último que desaparece de todas las demas partes del barco. — Las aguas corren hácia los lugares mas bajos. — Además se prueba la esfericidad de la Tierra por los eclipses de luna, en los cuales la sombra de la Tierra aparece redonda.

En el capítulo III se establece que la tierra y las aguas forman un mismo y solo globo. Los mares hacen peso sobre el fondo de sus cauces y continuan la esfericidad al planeta. Así pues, dice el autor, « la Tierra no es plana como creian Empédocles y Anaximeno, ni en forma de tambor, como se figuraba Leusipo, ni en forma de barca como decia Heráclito, ni hueca como suponía Demócrito, ni cilíndrica como enseñaba Anaximandro, ni la sostienen raíces infinitas, como pensaba Jenófanes; sino que posee una esfericidad absoluta, como se inclinan á creer los filósofos. »

En el capítulo iv examina si el movimiento de los cuerpos celestes es única y perpetuamente circular ó si se compone de movimientos circulares, y sobre esto llega al estado de nuestro globo :

« ¿ Tiene la Tierra un movimiento circular? ¿ Cuál es el lugar de la Tierra? ¿ La Tierra es un globo y resulta de esa forma un movimiento? ¿ Cuál es la posición de la Tierra en el Universo? Todo esto hay que poner en claro para obtener la razón de los movimientos. — Casi todos los autores suponen inmóvil á la Tierra y la opinión contraria les parece hasta ridícula. No obstante, examinando atentamente la cuestión se ve que está muy lejos de hallarse resuelta. Todo cambio observado proviene del movimiento del objeto ó del movimiento del observador, ó del movimiento relativo del uno al otro, pues si entramos movimientos fueran iguales, no habría modo alguno de percibirlos. Observamos el Cielo estando nosotros encima de la Tierra; si la Tierra tiene un movimiento nos parecerá que el Cielo se mueve en un sentido contrario. Todo el cielo parece trasportado de oriente á occidente en 24 horas : dejemos al cielo en reposo y demos ese movimiento á la Tierra, pero de occidente á oriente y resultarán las mismas apariencias. » (Cap. v.)

Nada mas exacto que este raciocinio hecho ya por los antiguos, los primeros que atribuyeron ese movimiento á la Tierra : su gérmen se encuentra en Euclides. El Cielo es el recipiente, y la Tierra el contenido : no se comprende por qué se ha de atribuir ese movimiento al primero mas bien que al segundo. Copérnico considera despues la inmensidad del Cielo comparado con la Tierra. « Los horizontes de la Tierra dividen el Cielo en dos partes iguales, de modo que el volumen de la Tierra es un punto, y este punto no se halla sensiblemente alejado del centro. Observando el Cáncer al Oriente vemos el Capricornio al Occidente. Los dos radios son la misma recta y esta es el diámetro de la eclíptica. »

Si la esfera celeste es inmensa, ¿ cómo concebir que gire en 24 horas? Es mucho mas natural atribuir este movimiento á la Tierra y solo á la Tierra, pues si girase con el Cielo con un movimiento comun, no veríamos cambio alguno en el espectáculo del Cielo : las estrellas y el Sol estarían siempre para el mismo observador á la misma distancia angular del meridiano. Así pues es mas natural pensar que la Tierra gira en torno de su eje y que la esfera celeste es inmóvil.

El astrónomo teórico y observador examina luego las razones que pudieron hacer creer á los antiguos que la Tierra estaba inmóvil en el centro del mundo. La Tierra es muy grave, es decir muy pesada, y es centro de los graves que se dirigen hácia su centro. Siendo esférica la Tierra todas las normales se dirigen hácia ese centro. El centro de la Tierra es el de los graves; y este centro debe estar inmóvil. Aquí recuerda los raciocinios de Aristóteles y de Ptolomeo para refutarlos en el capítulo siguiente.

Segun hemos manifestado anteriormente los antiguos objetaron contra el movimiento de la Tierra, que el tal movimiento debería lanzar en el espacio los objetos no soldados al suelo, aguas, piedras, animales y hombres por causa de la rapidez, á lo cual contesta el astrónomo : Si la esfera de las estrellas girase en 24 horas ¿ no sería mas de temer esa dispersion, siendo infinitamente mas considerable el movimiento? ¿ Sería necesario ese movimiento tan rápido para impedir que las estrellas cayeran sobre la Tierra? En ese caso el Cielo no tendría límite : cuanto mas aumentara el radio tanto mas rápido sería el movimiento; el radio y el movimiento crecerían juntos y hasta lo infinito. Ahora bien, lo que es infinito no puede pasar ni moverse; por tanto el Cielo estará inmóvil.

Copérnico paga aquí á Aristóteles en su misma moneda, y luego abandona á las disputas de los metafísicos la cuestión del mundo finito ó infinito. « Lo incontestable es la

esfericidad de la Tierra : ahora bien, puesto que el movimiento conviene á esta forma, ¿por qué vacilaríamos en admitirla sin cuidarnos de lo que no podemos saber? Admitamos la revolucion diurna de la Tierra. » Y cita en apoyo de su aserto el verso *Provehimur portu? terraque urbesque recedunt*. Los que se hallan á bordo de un buque atribuyen sus movimientos á los objetos exteriores y es lo que nos sucede : cuando la Tierra gira nos parece que gira todo el cielo. Las nubes y cuanto está en los aires participa del movimiento de la Tierra, y este movimiento es comun á toda la atmósfera, ó por lo ménos, añadia Copérnico, á la parte mas próxima, que por efecto del contraste debe ser arrastrada sin que nada se oponga. En cuanto á la parte superior podria estar desprovista de movimiento. Copérnico habria podido decir que la atmósfera entera participa de los movimientos de la Tierra. Yo he calculado hace poco tiempo que solo á 10,000 leguas de altura la fuerza centrífuga desarrollada por la rotacion del globo seria igual á la pesantez y no dejaria ya adherentes al planeta las moléculas de aire que podrian existir. Pero la atmósfera aún en sus zonas superiores mas ligeras, no se extiende á mas de algunos centenares de leguas de altura; y la que nos hace respirar no pasa de 50 kilómetros,

Siguen algunas consideraciones metafísicas y el autor saca en conclusion que el movimiento de la Tierra es mas probable que su reposo.

« Si existen varios centros, es dudoso que el centro del mundo sea el de la Tierra y el de la gravedad terrestre. La gravedad no es otra cosa que una tendencia natural dada por el Criador á todas las partes, y que las lleva á reunirse y formar globos. Puede creerse que esta fuerza es la que ha dado al Sol, á la Luna y á los demas planetas una forma esférica, lo cual no les impide hacer sus diversas revoluciones. Si la Tierra tiene pues un movimiento en derredor del centro, este movimiento será semejante al que

percibimos en otros cuerpos; resultará un círculo anual. El movimiento del Sol será reemplazado por el de la Tierra. Estando inmóvil el Sol, la salida y la puesta de los astros, todas las circunstancias observadas tendrán su efecto del mismo modo; las estaciones y las retrogradaciones dependerán del movimiento de la Tierra, el Sol se hallará en el centro del mundo; y esto es lo que exige el orden en cuya virtud todo se sucede, lo que nos enseña la armonía del mundo y lo que será preciso admitir, si se quiere considerar el asunto seriamente. »

Por esta exposicion sabemos que Copérnico es el primero que haya meditado detenidamente sobre este punto fundamental del sistema del mundo, pues si es verdad que otros pensaron ántes en ello, nadie logró exponer los motivos de una manera algo plausible, y en todo caso, si lo hubieran hecho, seria muy de extrañar que no hubiesen dejado en pos de sí ningun vestigio. Arquímedes nos dice que Aristarco escribió contra los astrólogos para probarles que la Tierra se mueve; pero Arquímedes no parece bien convencido del valor de este sistema.

Llegamos al capítulo x intitulado « del orden de los orbes celestes. » Nadie pone en duda, dice el astrónomo, que el Cielo de las estrellas no sea el mas alto. Los filósofos antiguos clasificaron á los planetas segun lo que tardaban en sus revoluciones, por la razon de que siendo el movimiento el mismo para todos, los objetos lejanos deben, al parecer, moverse mas lentamente. Creyeron que la Luna era el mas próximo de todos los planetas, porque hace su revolucion en ménos tiempo que ningun otro; y que Saturno debia ser el mas distante de todos puesto que emplea mas tiempo en recorrer una órbita mayor. Luego vienen Júpiter y Marte. Sobre Vénus y Mercurio no concuerdan las opiniones. Unos, como el *Timeo* de Platon, dicen que están encima del Sol, y otros creen que están debajo. Alpetrage dice que Vénus está mas arriba y Mer-

curio mas abajo. Los platónicos pensaron que los planetas que no se alejan mucho del Sol deberian tener fases como la Luna si estuvieran mas abajo del Sol, y que deberian producir eclipses; pero como esto no se ha observado nunca, á su juicio esos planetas son superiores al Sol.

Los que piensan que Vénus y Mercurio están mas abajo, se fundan en el intervalo que habria entre el Sol y la Luna. La mayor distancia de la Luna á la Tierra es de $64 \frac{1}{2}$ diámetros de la Tierra, y como calculan en 1160 la mas corta del Sol, resultarian 1096 de la Luna al Sol: en este intervalo suponen á Vénus y á Mercurio. Señalan 117 de estas partes al orbe de Mercurio y 910 al de Vénus, de modo que ninguno de estos orbes se halla entrecortado. Ademas, dan á estos dos planetas una luz propia, ó bien suponen que penetrados de la luz solar son brillantes en toda posicion; los eclipses solares que podrian producir serian rarísimos por causa de sus latitudes. Vénus y sobre todo Mercurio, tienen un diámetro tan pequeño, que nunca podrian ocultar mas de un centésimo del disco solar, como dice Albatenio, quien calcula que el diámetro de Vénus no es mas de un décimo del del Sol (apénas es un trigésimo). Asi pues, estos planetas formarian manchas imperceptibles. Averroes en su *Comentario sobre el Almagestos*, dice que ha visto puntos negros en el Sol en el tiempo de las conjunciones de esos planetas, y por esto los han situado mas abajo.

En este curioso capitulo hay una dificultad que no he conseguido yo resolver, contra la cual escribió Bailly y que Delambre pasó en silencio. Copérnico deja creer que las estrellas pueden estar alumbradas por el Sol y no brillar por su luz propia. Hoy que conocemos la inmensidad de la distancia de las estrellas, nos parece bien extraña la conjetura de que puedan reflejar la luz del Sol, que no es otra cosa que una estrellita invisible para la mayor parte de ellas. Pero trasladándonos al siglo xvi concebimos que el

genio del ilustre astrónomo no hubiera podido elevarse de un golpe hasta ahí, y que calculando ya su inmensa distancia, puesto que dice que el diámetro de la órbita terrestre no es nada en comparación, conservara la idea de la posibilidad de estar alumbradas por los rayos solares. En una nota añadida á este capitulo, observa Muller que Képler no cree en semejante iluminacion: « Vir insignis Joannes Keplerus, philosophus et mathematicus e paucis hypothescon de motu terræ assertor acerrimus, stellas fixas a sole nostro illuminari posse negat, epistola ad Galileum. » Quizas la palabra stellas que Copérnico emplea en este capitulo se aplica únicamente á los planetas; pero no es probable, y por lo demas, en otros párrafos considera que el Sol es el rey de todo el universo y que brilla en la esfera de los hijos.

En el mismo capitulo expone que para explicar las digresiones de Vénus y de Mercurio es preciso suponer que la Tierra no es el centro de los orbes: ¿sucede lo mismo para probar que Saturno está mas léjos que Júpiter? En consecuencia, la mejor opinion es la de Marciano Capella y de algunos autores latinos quienes enseñaron que Vénus y Mercurio giran en torno del Sol, en cuyo caso las digresiones se determinarán necesariamente por el radio de su órbita. Esos planetas no rodean á la Tierra.

En resumen, el orbe de Mercurio estará encerrado en el orbe de Vénus. ¿Quién nos impide relacionar con el mismo centro á Saturno, Júpiter y Marte? Nos basta para esto dar radios convenientes á sus orbes que abrazarán el de la Tierra. Esos planetas en oposicion se hallan sin duda mas próximos á la Tierra que en otra posicion y sobre todo que en sus conjunciones, lo cual indica suficientemente que el Sol es su centro, como el de Mercurio y Vénus; entre estos planetas y Marte colocaremos la órbita de la Tierra y en torno de la Tierra la órbita de la Luna que no puede separarse de la Tierra. Sobre esto, dice, podemos declarar altamente

que esa órbita de la Luna y el centro de la Tierra giran en un año en torno del Sol, á lo largo de una vasta órbita, cuyo centro ocupa el Sol. El Sol estará inmóvil y se explicarán todas las apariencias por el movimiento de la Tierra. El radio de esta órbita por grande que sea, no es nada sin embargo en comparacion del de los fijos; lo cual se admirará tanto mas fácilmente cuanto que su intervalo se divide en una infinidad de orbes particulares segun la opinion de los mismos que han querido situar á la Tierra en el centro. La naturaleza no hace nada superfluo, nada inútil, y sabe sacar numerosos efectos de una causa única. Todo esto parecerá difícil y casi increíble; pero con el auxilio de Dios, lo pondremos mas claro que el sol, siquiera para aquellos que no son extraños á las matemáticas. Partiendo pues de este principio, el mas probable de todos, que los orbes se aumentan en lo grande cuanto mas largas son las revoluciones, el órden de las esferas, principiando por arriba, será este :

« En la posicion mas alta se halla la esfera de las estrellas fijas, esfera inmóvil que abraza el conjunto del universo. Entre los planetas movibles el primero es *Saturno* que necesita treinta años para hacer su revolucion. *Júpiter* hace su camino en el espacio de doce años y *Marte* en dos. En cuarta línea están la *Tierra* y la *Luna* que en el espacio de un año vuelven á su punto de partida. Ocupa el quinto puesto *Venus* que necesita nueve meses; y el sexto *Mercurio* que en ochenta dias describe su órbita. En medio de todos reside el *Sol*. ¿Quién es el hombre que en ese majestuoso templo podria elegir otro puesto mejor para esa brillante antorcha que ilumina á todos los planetas con sus satélites? No sin razon llaman al *Sol* luz del mundo, alma y pensamiento del universo. Situándole en el centro de los planetas como en un trono regio, le dejan el gobierno de la gran familia de los cuerpos celestes. »

Esta página es una de las mas bellas de Copérnico;

atestigua mas que ninguna otra quizá la lectura de los autores que deleitaba su clara inteligencia y no puedo resistir al placer de reproducirla textualmente. Dice así :

« Prima et suprema omnium est stellarum fixarum sphaera seipsam et omnia continens... Sequitur errantium primus Saturnus, qui 30 anno suum complet circuitum. Post hunc *Jupiter* duodecennali revolutione mobilis. Deinde Mars qui biennio circuit. Quartum in ordine annua revolutio locum obtinet, in quo *Terram* cum orbe *Lunari* tanquam epicyclo contineri diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur. Sextum denique locum Mercurius tenet octoginta dierum spatio circumcurrens. In medio vero omnium residet *Sol*. Quis enim in hoc pulcherimo templo lampadem hanc in alio vel meliori loco poneret, quam unde totum possit illuminare? Siquidem non inepte quidam lucernam mundi, alii mentem, alii rectorem vocant, Trimegistus visibilem deum, Sophoclis *Electra* intuentem omnia. Ita profecto tanquam in solio regali *Sol* residens circum agentem gubernat astrorum familiam (1)! »

(1) En esta hermosa y elocuente descripcion, como en los escritos de todos los astrónomos del siglo xvii, se reflejan las lecturas de la antigüedad clásica. Copérnico tuvo á la vista las siguientes obras : Ciceron, *Somnium Scipionis*, c. 4; Plinio, L. II, c. 3, y Mercurio Trimegisto, L. V (pág. 193 y 201, edic. de Cracovia, 1386). La alusion á la *Electra* de Sófocles es oscura, pues no es en esa obra donde se llama al Sol « omnia intuens » sino en la *Iliada* y en la *Odisea*, así como en las *Coeforas* de *Esquilo* (v. 980) que Copérnico no pudo tomar por la *Electra*. Bækh conjetura que la alusion proviene de falta de memoria : Copérnico recordaria de un modo vago el verso 869 del *Edipo en Colona* de Sófocles. Es muy singular que en la biografía de Copérnico por Czyski (*Kopernik y sus obras*, 1847, pág. 102), se haya confundido la *Electra* del trágico griego con las *corrientes eléctricas*. El autor traduce de este modo el párrafo citado arriba : « Si se toma al Sol por la antorcha del universo, por su alma, por su guia; si Trimegisto le llama un Dios, si Sófocles le cree una potencia eléctrica que anima y contempla el conjunto de la creacion... etc. »

En medio reside el Sol para que pueda alumbrarlo todo. Además la Tierra está alumbrada por la Luna que gira en su derredor. Este orden presenta una simetría admirable, una relación de movimientos y de tamaños; Copérnico habría podido añadir una sencillez que no se encuentra en ninguna hipótesis y que nadie ha puesto jamás en tela de juicio.

A este resultado agrega Copérnico un examen comparativo de los fenómenos de detalle considerados en las dos hipótesis. Si la Tierra es un planeta se transporta en el intervalo de seis meses de un punto de la órbita al punto diametralmente opuesto; y así se halla una base propia para determinar las distancias de los diversos planetas á la Tierra. De este modo obtiene Copérnico por la medida de los ángulos situados en los dos extremos de esa base las distancias de los diversos planetas al Sol, expresadas en partes de las distancias de la Tierra á ese mismo astro.

Conociendo los radios comparativos de la órbita de la Tierra, de la de Marte, de la de Júpiter y de la de Saturno, y conociendo además el tiempo que tardan estos diferentes planetas en hacer una revolución completa en torno del Sol, Copérnico pudo calcular la velocidad con que se mueven esos planetas.

El resultado de su cálculo fué que la Tierra recorre en un tiempo dado mas espacio que Marte; Marte mas que Júpiter y Júpiter mas que Saturno. De aquí se sacaba en consecuencia que si los espacios recorridos por la Tierra y por Marte son paralelos como en las épocas de las oposiciones, Marte debe parecer que retrograda ó que se mueve en la esfera de las estrellas en sentido contrario al cambio real de la Tierra. Lo mismo para Júpiter y Saturno.

Con esta explicación se ligaban de un modo admirable la extensión y retrogradación y los momentos de las estaciones ántes y despues de la oposición, de cuya manera el fenómeno que tanto habia confundido á los antiguos que-

daba clasificado entre las simples apariencias, resultado inevitable del movimiento de traslación de la Tierra.

Arago cree que en esta magnífica demostración reside principalmente el descubrimiento de Copérnico.

Trasladándonos por el pensamiento á la época en que se compuso la obra sobre las revoluciones celestes, no podemos ménos de asociarnos al sentimiento de admiración sin reserva que dictó estas palabras á Bailly :

« Es preciso olvidar el movimiento que vemos y creer en el que no sentimos. Un hombre solo se atreve á proponerle y todo para reemplazar con cierta verosimilitud del espíritu que comprenden unos cuantos filósofos, la de los sentidos que arrastra á la muchedumbre. Pero no es todo aún : habia que destruir un sistema admitido, aprobado en las tres partes del mundo y derrocar del trono á Ptolomeo que habia recibido los homenajes de catorce siglos... Un espíritu sedicioso da la señal, y la revolución se opera! »

Delambre dice que este capítulo es superior á todo cuanto se habia escrito sobre el sistema del mundo, y que por tanto asegura á su autor una gloria inmortal. Que no se hayan hecho nunca unas reflexiones que parecen tan sencillas, sorprenderia mas aún que el mismo descubrimiento de Copérnico si no se conociera el imperio de las preocupaciones. Antes de Copérnico se habia dicho que Vénus y Mercurio giraban en torno del Sol : ¿ por qué jamás ningun astrónomo, ningun filósofo, extendió esa idea á los tres planetas superiores? ¿ En dónde estaba la dificultad? Hiparco que tuvo que crearlo todo, las posiciones de los fijos, la desigualdad del Sol y las de la Luna, la trigonometría, las proyecciones, la teoría de los eclipses, las de la precesión, debió ocuparse demasiado de estos detalles indispensables para pensar en el conjunto, sobre el cual no tenia datos suficientes, puesto que la teoría de los planetas aún estaba en su infancia. Ptolomeo seria ménos excusable en razón á que trató expresamente esta gran cuestión de

un modo á la verdad poco digno del asunto y que debe chocar á la par por lo que dice y por lo que suprime; pero sus estudios de la Luna y los planetas y su gran sintáxis matemática son títulos en su favor para que no se le juzgue con severidad sobre el sistema que adoptó y que defendió tan débilmente. Las hipótesis de estos dos ilustres astrónomos fueron aceptadas con respeto por sus sucesores, á quienes parecieron suficientes y solo se ocuparon en rehacer algunos de sus cálculos ó algunas de sus observaciones, persuadidos con sobrada ligereza que nada había que tocar al conjunto y únicamente exigían enmienda ciertos detalles.

Tal es el Libro primero; la parte mas importante, á la verdad, de la obra imperecedera sobre las *Revoluciones de los Cuerpos celestes*. El Libro segundo no es en el fondo mas que un tratado de geometría esférica y de trigonometría, acompañado de tablas astronómicas y de un catálogo de estrellas, con relacion á la época de Copérnico, que no ocupa ménos de 38 páginas. La descripción de los círculos de la esfera celeste, de las latitudes y longitudes, ascensiones rectas y declinaciones, no son elementos indispensables para todo tratado de astronomía teórica y práctica. No hay aquí ninguna consideracion científica ó filosófica que sea particular á la obra de la renovacion del sistema del mundo.

No sucede lo mismo en el Libro tercero, que como escribió Sniadecki, representa el depósito de los mas bellos descubrimientos de que pueda honrarse la sagacidad humana. Cuando se comparan las ideas tan exactas como originales consignadas en ese libro con el estado actual de la astronomía, no se puede ménos de reconocer un genio trascendental cuya mirada sagaz penetra en cierto modo todo el abismo de la eternidad porque ha adivinado los progresos de las futuras generaciones en la mas difícil y delicada de todas las investigaciones; porque anuncia con

confianza las desigualdades ligeras en los movimientos celestes cuyos lentos progresos solo se manifiestan conforme pasan siglos; y en fin, porque ha conseguido determinar la causa de todos esos movimientos aparentes.

Siendo el objeto de este libro la explicacion del movimiento anual de la Tierra, era preciso discutir y reconocer todos los puntos del camino que nuestro planeta describe en torno del Sol; se necesitaba determinar con precision el periodo de esa revolucion ó el largo del año; explicar todas las variaciones en la velocidad de ese movimiento, examinar la inclinacion de la órbita terrestre en el ecuador y los puntos de interseccion donde se cortan esos dos círculos llamados *puntos equinocciales*. La posicion de esos puntos es uno de los elementos mas esenciales del cálculo astronómico y civil. De su lugar dependen el órden y la vuelta periódica de las estaciones, la posicion de los diferentes cuerpos celestes; y puede decirse que todo el conjunto de los conocimientos astronómicos está ligado con la rigurosa determinacion de esos puntos. Se trata pues, en un asunto de tan alta importancia, de sentar uno de los primeros fundamentos de la ciencia y del cálculo. Las observaciones mas antiguas y la sagacidad mas propia para poner en claro la sencillez de las causas en la complicacion de los efectos acumulados, eran los únicos guias seguros que se podian tomar en tal estudio.

Arrancando del año 294 ántes de la era cristiana, Copérnico recorre y discute las observaciones de una misma estrella, la Espiga de la Virgen, comenzadas por Timocaris, uno de los astrónomos de la escuela de Alejandría y continuadas sucesivamente por Hiparco, Ptolomeo, Albatenio y el mismo Copérnico en Frauenburgo, esto es, en un intervalo de 1819 años. Por los resultados, se asegura de que las estrellas fijas conservando la misma distancia á la eclíptica, varían en sus longitudes ó sus distancias de los puntos equinocciales; y como esas estrellas no cambian de posi-

ción entre sí, saca en conclusión que su cambio en longitud no es efecto de su propio movimiento, sino de la retrogradación de oriente á occidente de los puntos equinocciales, conocida en astronomía con el nombre de precesión de los equinoccios. Combinando luego las observaciones de Aristarco de Samos, de Ptolomeo y de los árabes sobre la inclinación de la eclíptica al ecuador, con las que habia hecho él durante treinta años, deduce un cambio en esa inclinación; y con presencia del cuadro de todas estas observaciones, Copérnico hace constar dos fenómenos importantes, el primero señalado por Hiparco y confirmado por todos los astrónomos ulteriores, que los puntos equinocciales tienen un movimiento retrógrado; y el segundo (descubrimiento propio) que ese movimiento de los puntos equinocciales es desigual y que la oblicuidad de la eclíptica está sujeta á variaciones periódicas. No entra en nuestro plan seguirle en su cálculo, para apreciar todos esos cambios con sus retornos.

Pero cuando era preciso señalar la verdadera causa de estos fenómenos, todos los predecesores de Copérnico se enredaban y confundían en el complicado sistema de círculos y de esferas que multiplicaban las dificultades con sus explicaciones. Era un juego del espíritu entregado á las conjeturas mas engañosas y que aglomeraba las suposiciones rechazadas por la verdad. Copérnico destruyó la tosca obra reemplazándola con el mecanismo delicado y sencillo deducido del movimiento del eje de la Tierra. Hé aquí el resumen de estas ideas que desarrolla en el capítulo III de este libro.

Copérnico sienta en principio que el eje de la Tierra, aunque considerado como paralelo á sí mismo relativamente á la explicación de las estaciones, está sujeto á dos movimientos de una lentitud suma; que en primer lugar la extremidad de ese eje ó el polo del mundo gira insensiblemente en torno del de la eclíptica de oriente á occidente

en un período de unos veinte y seis mil años (25,870); y como el movimiento del eje arrastra necesariamente el del ecuador, los puntos equinocciales, deslizándose sobre la eclíptica, retrogradan anualmente de un arco de unos cincuenta segundos; que en segundo lugar, como ese eje se columpia á semejanza de una palanca que oscila en un movimiento infinitamente lento, ora se eleva, ora se baja hácia la eclíptica, y como la inclinación de los ejes regula la de los círculos y sus planos, es consiguiente que el movimiento del eje de la Tierra introduce una alteración necesaria en la inclinación del ecuador á la eclíptica, de lo cual resulta que la retrogradación de los puntos equinocciales y todos los cambios en la posición de las estrellas derivan de dos movimientos, á los que, como acabamos de decir, está sujeto el eje de nuestro globo en la revolución anual; que estos dos movimientos dependen tanto uno de otro, que influyen mutuamente en su aceleración y sus tardanzas respectivas; por último, que las leves desigualdades que los afectan son periódicas teniendo un límite marcado del cual no salen y donde se renuevan. De aquí se deduce que nuestro planeta ha tenido siempre con ligeras diferencias las mismas estaciones, que el ecuador y la eclíptica no se han confundido nunca y que están en un error los que se fundan en esa idea para explicar las revoluciones del globo pasadas ó futuras.

Copérnico se hallaba en la precisión de crearlo todo para establecer su sistema, y no es de extrañar que en el detalle de la explicación del sistema del mundo cayera á veces en resultados erróneos. Suponiendo á las órbitas planetarias la forma circular en vez de la forma elíptica que las pertenece, debia encontrarse en desacuerdo sobre muchos puntos con los resultados de la observación; y para sustraerse á estas consecuencias viciosas tuvo que volver á las antiguas concepciones de Ptolomeo y admitir epiciclos para ciertos planetas. No podia construirlo todo al mismo

tiempo, y necesitaba para levantar su nuevo edificio los viejos materiales de los movimientos de la antigüedad. En el siglo del ilustre astrónomo estaban poco adelantadas las verdaderas ideas de mecánica sobre todo en lo relativo á los movimientos de los cuerpos. Copérnico creía ligados los movimientos de circulacion y de rotacion : asimilaba el movimiento de traslacion de la Tierra en torno del Sol al que tendria efecto si la Tierra estuviese invariablemente adherida al extremo de un radio sólido que reuniera el centro del Sol con el de nuestro globo; y de aquí la consecuencia que en virtud del movimiento anual ó de traslacion, la Tierra habria presentado siempre la misma cara al Sol como si hubiese estado sujeta á él por una vara de hierro, y que los diversos diámetros de la Tierra se habrian dirigido sucesivamente hácia diversos puntos del espacio. Sin embargo, no es posible darse cuenta del movimiento de revolucion aparente del cielo mediante el movimiento de rotacion de la Tierra en torno de uno de sus ejes, sino suponiendo que ese eje se halla siempre paralelo á sí mismo, ó que prolongado pasa siempre por las mismas estrellas. Para llenar este requisito indispensable á la explicacion de los fenómenos del movimiento diurno y de los fenómenos de las estaciones, dió Copérnico á la Tierra lo que él llamaba un tercer movimiento en cuya virtud el eje de rotacion volvía al paralelismo del que le habia apartado el movimiento de traslacion; pero la dependencia que el ilustre astrónomo de Thorn establecia entre el movimiento de rotacion y el movimiento de traslacion de un cuerpo erapuramente imaginaria, como lo demostraron despues Képler y Galileo.

La Tierra circula en torno del Sol permaneciendo siempre paralela á sí misma, siendo enteramente inútil el tercer movimiento inventado por Copérnico, suposicion que complicaba considerablemente su sistema.

No obstante observaremos que este movimiento conducia

á una explicacion sencillísima de la precesion de los equinoccios, es decir, de ese movimiento general de 50 segundos por año, del que participan todas las estrellas y que se ejecuta paralelamente al plano de la eclíptica; y daban cuenta de ese cambio suponiendo que el tercer movimiento del eje no restablecia su paralelismo matemático, y que cuando habia pasado un año faltaban 50 segundos para que el eje hubiese vuelto á su posicion primitiva.

Copérnico que tuvo la osadía de minar hasta lo mas profundo las bases de la astronomía de Hiparco y de Ptolomeo, no se atrevió á elevar la menor duda sobre la exactitud de sus observaciones. Ptolomeo explicó estas observaciones por los excéntricos y los epiciclos; y Copérnico aprovechó las mismas hipótesis para dar cuenta de los movimientos irregulares del Sol y de los planetas, así como tambien de ciertas variaciones imaginarias en la precesion de los equinoccios y en la oblicuidad de la eclíptica. El vicioso sistema no desapareció sino despues, gracias á los esfuerzos de Képler, á quien se debe que la obra de Copérnico brillara en toda su pureza, libre de las complicaciones que la oscurecian, y de cuyo modo vino á ser la expresion sencilla, clara, geométrica, de las leyes de la naturaleza.

Todo el Libro IV está consagrado al análisis de los movimientos de la Luna, y no nos parece oportuno ocuparnos aquí de él, en razon á que no contiene sino detalles de astronomía práctica de la época.

El Libro V de la obra *De Revolutionibus* expone y establece los movimientos de los cinco planetas que entónces se conocian, Mercurio, Vénus, Marte, Júpiter y Saturno; pero estas explicaciones carecen forzosamente de exactitud y claridad porque en parte se hallan fundadas en el complicado aparato de epiciclos, excéntricos y deferentes del que Copérnico no pudo desprenderse de un golpe. Mejoró la teoria de la Luna; indicó una combinacion mas fácil y sencilla para calcular su doble desigualdad; hizo una correccion

importante en la evaluación de las distancias, de las paralaxis y de los diámetros. Las dos desigualdades que por lo general se observan en los planetas, se producen, á juicio de Copérnico, la primera por el movimiento de la Tierra, y la segunda por el movimiento propio de cada planeta, etc.

Así pues, para juzgar debidamente el genio de Copérnico, hay que considerar las grandes ideas generales, no los detalles; sin él, ni Képler, ni Galileo, ni Newton, ni los astrónomos modernos, habrían podido emitir sus miras científicas. Gracias á sus ideas sobre la *atracción*, acertó despues á encontrar Newton la *gravitación universal*.

« A mi entender, dice Copérnico, la pesantez es una tendencia que ha dado el Autor de la naturaleza á todas las partes de la materia para que se unan y formen en masa, propiedad que no es particular á la Tierra, pues pertenece tambien al Sol, á la Luna y á todos los planetas. Por ella las moléculas de la materia que componen esos cuerpos se han reunido y redondeado en globos y conservan la forma esférica. Todas las sustancias que se hallan en la superficie de los cuerpos celestes, pesan igualmente hácia los centros de esos cuerpos sin impedirlos que circulen en sus órbitas. ¿Por qué esta circunstancia seria obstáculo al movimiento de la Tierra? Y si se supone que el centro de gravedad debe ser necesariamente el de todos los movimientos, ¿por qué se ha de situar en la Tierra ese centro, siendo así que el Sol y todos sus planetas tienen tambien su centro de gravedad, y que el Sol mereceria esa preferencia, en razon á su masa infinitamente preponderante? La eleccion seria tanto mas razonable, cuanto que de ahí se deducen sencilla y fácilmente todas las apariencias, todos los fenómenos en los movimientos de las estrellas y de los planetas.»

De esto á la *gravitación universal* como la concibió Newton no habia mas que un paso.

Tales son las páginas fundamentales del *Almagestos*,

modérno que debia renovar el sistema del mundo. El Libro VI y último del volumen está consagrado á la cuestion de las latitudes y carece de importancia filosófica para nosotros.

El temor de incurrir en las bñensuras de la Iglesia hizo que los hombres doctos, en su conjunto, rechazaran la obra de Copérnico. De la primera edicion se tiraron pocos ejemplares, y sin duda destruyeron bastantes de ellos despues de la sentencia de la Inquisicion. La segunda edicion salió en Basilea en 1556 y la tercera en Amsterdam en 1617, esta última á los 75 años de la muerte del autor, como se dice en el título, sin las erratas de las dos primeras y de mejor aspecto tipográfico. Su docto editor Nicolas Muller la adornó con un pequeño frontispicio en el cual se ve una mano con un peso en cuyo platillo derecho está el globo terrestre, y el celeste en el izquierdo. El último pesa mas y el editor lo observa doblemente escribiendo debajo la palabra *prestat*. El título de esta edicion es el siguiente: « *Nicolai Copernici Torinensis, ASTRONOMIA INSTAURATA; libris sex comprehensa, qui de Revolutionibus orbium coelestium inscribuntur.* »

Cinco veces se ha impreso el libro de Copérnico. La primera edicion, en latin, es la que mandó hacer el autor en Nuremberg en 1543. La segunda, tambien en latin, se imprimió en Basilea en 1556. La tercera es la de Muller, de la cual acabamos de hablar (Amsterdam, 1617), que se reimprimió en la misma ciudad en 1640. La quinta es un tomo en folio magnífico en latin y en polaco, publicado en nuestros dias (1854) en Varsovia, bajo la vigilancia de M. Baranowski, director del Observatorio de Varsovia.

Tal es la obra del renovador del sistema del mundo, resumida con brevedad y presentada en sus argumentos fundamentales. Sus desenvolvimientos teóricos y las tablas y catálogos que la enriquecen, han hecho de ella durante

muchos siglos el mejor tratado de astronomía práctica, y por lo que toca á los siglos venideros, será el monumento mas glorioso de la historia y de la astronomía y uno de los mas elevados testimonios del poder trascendental que posee la humana inteligencia. Era útil completar con su resumen la biografía científica del inmortal astrónomo.

FIN

INDICE

CAPITULO I

ESTADO DE LA ASTRONOMÍA Y DE LAS CIENCIAS EN GENERAL EN LA ÉPOCA DE COPÉRNICO

Primeras ideas de la humanidad sobre la situación de la Tierra y sobre el cielo. — Astronomía de los antiguos. — Sistema de Ptolomeo. — Complicacion progresiva del sistema hasta Copérnico. — Los astrónomos del siglo xv 5

CAPITULO II

NACIMIENTO DE COPÉRNICO

Su familia. — Su infancia. — Sus aficiones. — Su educacion. — Influencia de los primeros años sobre la vida. — Valor personal del hombre 25

CAPITULO III

JUVENTUD DE COPÉRNICO

Sus estudios de medicina en Cracovia. — Su vocacion astronómica. — Su viaje á Roma y su estancia en Italia. — Primeras investigaciones astronómicas. — El trabajo. 43