

NOTA.—El número anterior, correspondiente a los meses de Mayo y Junio, llevaba por error la fecha de Mayo. Además, aparecía como número 2, debiendo ser 2-3.

REVISTA
DE LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Tome XI

Lima, Julio-Agosto de 1943

Número 4-5

COPERNICO

Por *CRISTOBAL DE LOSADA Y PUGA*

Profesor de la Universidad Católica del Perú

Mikolaj Kopernik, cuyo nombre se latinizó en Nicolaus Copernicus, y se castellanizó en Nicolás Copérnico, es sin duda el padre de la Astronomía moderna, y al cumplirse en este año cuatro siglos de su muerte, la Universidad Católica del Perú ha querido festejar su memoria y hacer un balance de su obra.

Consagradas las universidades a la creación, a la elaboración y a la difusión de la ciencia, tienen el deber de recordar la obra personal de aquellos hombres que realizaron labor de gran importancia en este terreno; y ciertamente que los centenarios de su nacimiento, o de su muerte, o de la publicación de su libro capital, parecen ofrecer las ocasiones más propicias a su exaltación.

La exposición que voy a hacer de la obra de Copérnico se dividirá — como conviene a la evocación de un genio, cuya obra consistió nada menos que en sustituir una concepción equivocada del universo por la concepción justa — en tres partes: Primera, el estado de la ciencia al irrumpir en ella las ideas del gran astrónomo; Segunda, la personalidad y la obra de Copérnico; Tercera, cómo aparecen sus trabajos contemplados a la luz de la ciencia actual.

I. LA ASTRONOMÍA EN TIEMPO DE COPÉRNICO

Es un hecho generalmente admitido que los primeros astrónomos fueron los pastores y sacerdotes caldeos; aparte de los Chinos, que cultivaban esta ciencia desde tiempos remotos, pero cuyos trabajos casi no han influido en la cultura occidental; y de los Egipcios, que en remotísima antigüedad sabían que el año tiene 365 días, y que 25 siglos antes de nuestra era construyeron las Pirámides, cuya orientación y dimensiones revelan con evidencia conocimientos astronómicos sorprendentes.

Pero a los Griegos, maestros prodigiosos que sentaron, acaso para siempre, las bases de lo que habían de ser el arte, la filosofía y la ciencia de toda la humanidad, les estaba reservado el organizar en un cuerpo de doctrina los conocimientos astronómicos; y de eso que para otros pueblos fué astrología, recurso adivinatorio que pretendía guiar los actos humanos para hacerlos aprovechar, como una barca aprovecha los vientos, el rumbo marcado por el Destino; de eso que para otros fué una técnica utilitaria que permitía a los navegantes orientarse a favor de las estrellas, y a los agricultores ordenar sus trabajos según el curso de las estaciones, ellos hicieron el objeto de un conocimiento desinteresado, y el material con que su genio incomparable elaboró una ciencia.

Casi todos los astrónomos griegos creyeron simplemente que en el universo la realidad no difiere de las apariencias, y que si vemos a los astros salir cada día por el oriente y ocultarse por el ocaso, es porque todo el universo gira diariamente en torno de la Tierra. Ciertamente hubo algunos, sobre cuyas ideas volveré más adelante, que sospecharon que la Tierra gira sobre sí misma y en torno del Sol; pero estas, acaso más que teorías científicas, eran especulaciones de filósofos que extendían su atención a los fenómenos celestes; en tanto que los grandes descubrimientos astronómicos de los griegos fueron hechos dentro del marco de una astronomía geocéntrica, que suponía a la Tierra fija en el centro del universo.

Desde una antigüedad muy remota, los hombres que escrutaron los misterios del cielo advirtieron que, en contraste con la invariabilidad de las posiciones relativas del gran conjunto de estrellas — a las que por eso se les llamó *estrellas fijas* —, el Sol y la Lu-

na cambian de lugar entre las constelaciones; y que cinco astros a los que se les llamó *planetas*, que en griego quiere decir errantes (*πλανήτης*), recorren un gran círculo de la bóveda celeste, pero que lo recorren — hecho esencial — ora avanzando, ora retrocediendo. Los astrónomos griegos consideraron también al Sol y a la Luna como planetas, atribuyendo a los astros que nosotros sabemos forman el Sistema Solar, el orden siguiente a partir de la Tierra: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, último de los planetas que ellos conocieron.

Toda la astronomía antigua cargó, como con un peso muerto, con el prejuicio de que los movimientos astronómicos habían de ser movimientos circulares que se realizaban con velocidad uniforme. Tal prejuicio representaba un rezago de la idea pitagórica de que el círculo es la figura perfecta, y el movimiento circular uniforme, el único admisible en los astros.

En su esfuerzo por interpretar el espectáculo grandioso de los fenómenos astronómicos, los griegos idearon sucesivamente diversas teorías; pero como no sería oportuno hacer en esta ocasión la historia completa de ellas, me limitaré a reseñar brevemente las que reinaron en el período alejandrino, que fué el período final y al propio tiempo culminante de la astronomía griega, y cuyas concepciones, cristalizadas en el libro de Ptolomeo y conocidas en Europa a través de los árabes, informaron todo el pensamiento astronómico medioeval, y llegaron a Copérnico.

Ya desde antes se habían hecho estudios astronómicos admirables. Calipo, perfeccionando los estudios de Metón, había llegado a determinar el período de revolución de la Luna con una precisión inverosímil, como que sólo difería en 10 segundos del valor admitido en nuestros días (10 segundos de error, en la estimación de un lapso de tiempo del orden de un mes!) Aristarco determinó, por un razonamiento de una sutileza desconcertante, la relación de las distancias de la Tierra al Sol y a la Luna. Pero estos prodigios de cálculo y de intuición, fueron bien pronto eclipsados por los grandes trabajos de la escuela alejandrina, que dominada por la figura gigante de Hiparco, se ofrece no ya a nuestra admiración, sino más bien a nuestro estupor.

El primer problema que se presentó al genio de los astrónomos alejandrinos era el de dar cuenta de las peculiaridades del mo-

vimiento planetario. ¿Cómo explicar, en especial, las retrogradaciones de los planetas, es decir aquellas etapas de su movimiento en que parecen desandar camino, y retroceder en una parte de su órbita? La dificultad que planteaban las retrogradaciones se resolvió con sólo suponer que el planeta recorre con movimiento uniforme un círculo pequeño al que se daba el nombre de *epiciclo*, mientras que el centro de éste describe a su vez, en torno de la Tierra, otro círculo mayor, que se llamaba *deferente*. Determinando los radios del epiciclo y del deferente, y las velocidades del planeta sobre el epiciclo y de éste sobre el deferente, se lograba explicar muy satisfactoriamente las apariencias de los fenómenos astronómicos. La ingeniosísima idea de los epiciclos¹ es debida a Apolonio de Pérgamo, que fué a no dudarlo uno de los más portentosos genios matemáticos de todos los tiempos. Y es interesante observar que Apolonio fué también el gran teórico de las secciones cónicas — elipse, parábola, hipérbola — y que son éstas, y no las curvas epicicloïdales, las que recorren los astros en el espacio.

Además de los epiciclos, los *excéntricos* — que parece fueron ideados por Hiparco — eran otro elemento fundamental de la astronomía griega; y ambas son, dice Ptolomeo, “dos suposiciones primeras y simples”. ¿En qué consistían los excéntricos? El movimiento de un planeta a lo largo de su órbita, aun visto desde el astro central, no es un movimiento uniforme; y la primera manifestación de su irregularidad, la primera de sus *desigualdades*, como se dice en el lenguaje de la astronomía, es debida — ahora lo sabemos bien — a que la órbita no es circular sino elíptica. Los astrónomos griegos, que tenían el prejuicio de las ideas pitagóricas, obviaron la dificultad suponiendo la órbita circular pero con su centro situado fuera de la Tierra: tal órbita era un *excéntrico*.

Estos dos conceptos, de los epiciclos y de los excéntricos, manejados con una inventiva inagotable y una intuición genial, permitieron, principalmente en las manos de Hiparco y de Ptolomeo, dar cuenta con una gran aproximación de las irregularidades del movimiento planetario; con tanta aproximación, que aun no hace 300 años desde que las observaciones muy precisas de Tico Brahe

¹ *επίκυκλοι*, círculos superpuestos.

y las pacientes investigaciones de Kepler probaron la insuficiencia de excéntricos y epiciclos y obligaron a admitir que las órbitas de los planetas no son circulares; y aun así, para lograr este resultado, los trabajos de Kepler hubieron de referirse a Marte, que es entre todos los planetas aquel cuya órbita tiene una forma elíptica más pronunciada, después de la de Mercurio. Y como un recuerdo de esta explicación, en la astronomía moderna y en la mecánica celeste se da el nombre de *ecuación del centro* a la diferencia entre la posición de un astro en su órbita verdadera y la que tendría en una órbita circular.

En cuanto a las medidas y observaciones de los griegos mismos, no eran lo bastante refinadas, por falta de medios materiales, para delatar el pequeño desacuerdo entre las posiciones reales de los astros y las que permitían prever sus teorías. Pero había fenómenos que podían explicarse a voluntad por un excéntrico o por un epiciclo, tal el movimiento anual del Sol,² y esta particularidad curiosa hubiera debido ser interpretada como un síntoma de que la ciencia estaba siguiendo un camino que no era el de la verdad.

Los antiguos emplearon como instrumento para sus observaciones solares el gnomon, estilo vertical cuya sombra permitía apreciar, por su dirección y su longitud, la dirección del Sol y su altura sobre el horizonte. La clepsidra o reloj de agua, por otra parte, les permitía medir el tiempo, y así sabían cuáles eran las estrellas que culminaban en el cielo a la media noche; y que estaban, por lo tanto, en oposición con el Sol. Con estos dos instrumentos rudimentarios averiguaron las particularidades esenciales del movimiento del Sol, y así determinaron los Chinos, y mucho más tarde los Egipcios y los Griegos, la duración del año, fijándola primero en 365 días, y después en $365 \frac{1}{4}$ días. Al principio se pensó que el movimiento del Sol era uniforme; esta hipótesis equivalía a expresar la longitud \odot del astro en su órbita en función del tiempo t , por la fórmula

$$\odot = \odot_0 + nt \quad (1)$$

donde \odot_0 representa la longitud en el origen del tiempo, y n la velocidad angular diurna del Sol o, como se dice en astronomía, el movimiento medio del Sol.

Sin embargo, esta fórmula sólo describe en forma muy groseramente aproximada los fenómenos, pues existen discrepancias que llegan casi a dos grados entre las longitudes calculadas mediante ella y las realmente observadas, debido a que el Sol marcha en unas épocas del año más rápidamente, y en otras más

² Bigourdan; *L'Astronomie*, p. 268. (Paris, 1920).

lentamente de lo que la fórmula supone; y como los griegos habían llegado ya en la época de Hiparco, a determinar las longitudes con una aproximación de $\frac{1}{4}$ de grado, pudieron advertir la inexactitud de suponer uniforme el movimiento del Sol, y encontraron que no es la fórmula (1) la que dá el verdadero valor de su longitud, sino esta otra, deducida empíricamente de las observaciones:

$$\odot = \odot_0 + nt + 1^{\circ}56' \text{ sen } (\odot_0 + nt - 281^{\circ}29') \quad (2)$$

Como esta ley se cumplía año tras año exactamente, dentro de lo que permitían apreciar las observaciones de la época, los astrónomos griegos debieron admitir su realidad y buscarle una explicación geométrica. Geométrica y no mecánica, porque no sospechaban que el movimiento de los astros estuviese regido por leyes mecánicas.

La hipótesis del excéntrico consistía en suponer que el Sol describe con movimiento uniforme un círculo cuyo centro C se encuentra fuera del centro de la Tierra T (Figura 1). Entonces, siendo S la posición del Sol y φ la dirección del punto vernal, a partir del cual se cuentan las longitudes, la del Sol vista desde el centro C , sería $SC\varphi$. Pero vista desde la Tierra T , sería $ST\varphi$, valor igual al anterior más un pequeño ángulo p dependiente de la excentricidad. Y es fácil demostrar que, dando valores adecuados a la excentricidad CT y a la longitud del perigeo, φCP , el valor de p es, en primera aproximación,

$$1^{\circ}56' \text{ sen } (\odot_0 + nt - 281^{\circ}29').$$

lo cual coincide con el valor observado. De allí el éxito de la teoría de los excéntricos.³

Examinemos ahora rápidamente cómo la teoría de los epiciclos daba cuenta, a su vez, de las peculiaridades más saltantes del movimiento del Sol. Supongamos que el radio Tc del deferente, en la figura 2, sea igual al radio del excéntrico en la figura 1, y que el radio cP del epiciclo en la figura 2, sea igual a la excentricidad TC de la figura 1. Si el epiciclo describe la circunferencia del deferente con una velocidad tal que le hace recorrer un ángulo n en un día, en tanto que el astro recorre el epiciclo con la misma velocidad, es fácil demostrar por consideraciones elementales de cinemática que el movimiento resultante es idéntico al movimiento que tendría el astro sobre el excéntrico de la figura 1. De allí que Hiparco *pudiera elegir a voluntad* entre un excéntrico y un epiciclo para explicar el movimiento anual del Sol. Un segundo epiciclo daría un movimien-

³ H. Faye: *Cours d'Astronomie*, t. 2, Liv. I, Ch. II. Esta obra excelente, de claridad incomparable, presenta la astronomía moderna asentada sobre el gran zócalo de la astronomía antigua. Agotada la primera edición, ha aparecido una segunda, revisada por el famoso geodesta General R. Bourgeois, quien ha respetado escrupulosamente el pensamiento y el estilo del gran maestro que fué Faye, limitándose a aportar al libro los ligerísimos retoques que se necesitaban para ponerlo con el día.

to más estrechamente acorde con las observaciones astronómicas, y así sucesivamente.

En cambio, si suponemos que el epiciclo de la figura 2 es recorrido por un planeta P con una velocidad suficientemente grande, se comprende que al moverse el epiciclo sobre el deferente, sumándose y restándose alternativamente la velocidad del planeta en el epiciclo, a la velocidad del epiciclo sobre el defe-

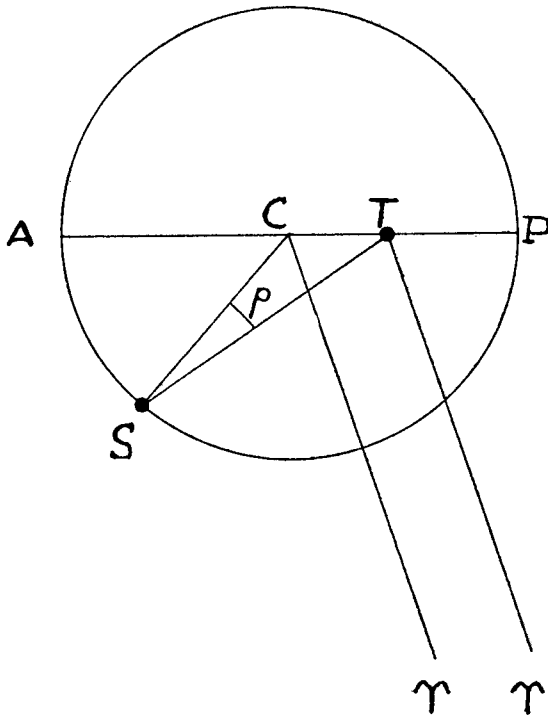


Figura 1.—Movimiento del Sol sobre un excéntrico, según Hiparco.

rente, si aquella es suficientemente grande se verá al planeta recorrer su órbita en unas épocas en un sentido y en otras épocas en sentido contrario; lo que permitía explicar el fenómeno de las retrogradaciones.⁴

⁴ Comprendiendo el valor de la teoría de los epiciclos, Möbius consagró muy acertadamente un capítulo de sus interesantes *Elementos de Mecánica Celeste* al estudio de los movimientos epicicloides, ejemplo que hubieran debido seguir todos los tratadistas posteriores, cosa que no ha hecho ninguno. (A. F. Möbius: *Die Elemente der Mechanik des Himmels*, I, III. Leipzig, 1843. *Gesammelte Werke*, Vierter Band. Leipzig, 1887).

Hiparco es sin disputa el astrónomo más genial de la antigüedad; es quizá el astrónomo más genial que nos ofrece la historia entera de la ciencia. Inventó la trigonometría; construyó una tabla de líneas trigonométricas; formó un catálogo de estrellas, el primero de todos, con sus posiciones astronómicas; descubrió la precesión de los equinoccios; inventó la proyección estereográfica que usan los cartógrafos y los mineralogistas; ideó la determinación astronómica de las diferencias de longitud entre lugares de la su-

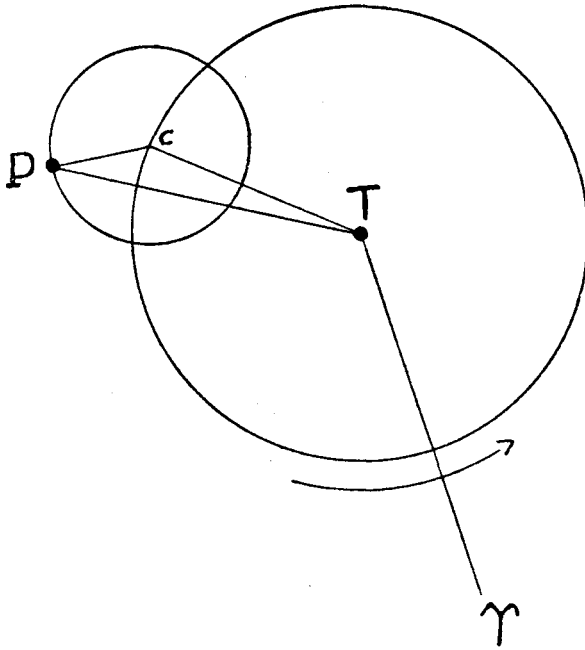


Figura 2.—Movimiento de un astro sobre un epiciclo.

perficie terrestre; formuló una teoría completa del movimiento anual aparente del Sol, que él creía movimiento real, y construyó tablas que permitían calcular anticipadamente su posición; formuló una teoría de la Luna, seguida de las tablas respectivas, que permitían prever la longitud, latitud y distancia del satélite; predijo los eclipses que debían realizarse en un lapso de 600 años a partir de su época; y aunque por falta de datos no pudo formular una teoría completa de los planetas, hizo acerca de ellos observaciones de una

precisión admirable, que no fueron superadas en 17 siglos y que ahora apenas habría que retocar.

Y toda esta obra inmensa, hecha con el sólo auxilio de instrumentos rudimentarios; sin los poderosos recursos que las matemáticas ofrecen a los sabios de nuestros días; sin contar, como se cuenta ahora, con una copiosa documentación relativa a las observaciones de astrónomos de otras épocas!

En nuestros días la investigación científica es relativamente mucho más fácil, porque en general ya no se trata de crear la ciencia sino de hacer progresar una ciencia ya existente; y nos servimos para ello de la magnífica herramienta que constituye la ciencia misma. El sabio y filósofo austriaco Ernesto Mach, uno de los más eminentes historiadores de la física, ha hecho ver cómo la ciencia permite efectuar lo que él llama una economía de pensamiento;⁵ y por esto nos permite ahora resolver problemas, indagar leyes y sistematizar observaciones, con un esfuerzo muchísimo menor que el que tuvieron que realizar los primeros investigadores. Este punto de vista de Mach ha sido un tanto discutido, principalmente por Husserl, quien en su famosa obra *Investigaciones Lógicas*,⁶ bien que reconociendo “su valioso contenido y los fines justificados de las investigaciones fundadas en él”, combate su exageración y — si vale la palabra — su trascendentalización. Pero es evidente que el principio de la economía de pensamiento como uno de los criterios estimativos del valor de la ciencia, encierra una enorme dosis de verdad, aunque no represente toda la verdad; y es asombroso que los astrónomos antiguos en general, y en particular Hiparco, el más grande de todos ellos, hayan podido hacer, con tan pocos recursos, muchísimo más de lo que necesita hacer un

⁵ Ernst Mach:

Die Mechanik in ihrer Entwicklung, IV, iv.

Populär-Wissenschaftlichen Vorlesungen, pp. 203 y sig.

Principien der Wärmelehre, p. 391. (Leipzig, 1919).

Die Analyse der Empfindungen, III, 1.

Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, passim. (2. Aufl.; Leipzig, 1909). Magnífica traducción inglesa de Philip E. B. Jourdain: *History and root of the principle of the conservation of energy*. Chicago, 1911.

⁶ Husserl: *Investigaciones lógicas*, T. 1. Cap. IX. (Madrid, Revista de Occidente, 1929).

hombre de nuestro tiempo para ser considerado como un astrónomo de primer orden.

Muerto Hiparco, sólo surgen en Alejandría figuras insignificantes. "En esta penuria, Ptolomeo hace figura de gran astrónomo". La frase es de Bigourdan,⁷ pero es una frase notoriamente injusta; porque Ptolomeo perfeccionó la teoría de la Luna de Hiparco, y descubrió la *evección*, desigualdad hasta entonces insospechada; estableció una teoría del movimiento de los planetas, y formó un catálogo de estrellas acerca de cuya originalidad es cierto que se han expresado grandes dudas, muy desfavorables para la probidad misma del astrónomo. Pero lo que caracteriza verdaderamente a Ptolomeo es el haber escrito una obra, la *Sintaxis Matemática*, en la cual codificó de manera magistral todos los conocimientos astronómicos de la antigüedad. Tratadista de primer orden, además de investigador notable, Ptolomeo es, como observa muy acertadamente Sarton,⁸ un hombre del tipo de Euclides.

Durante la alta Edad Media, los espíritus estaban totalmente embargados por el fuego de la fé que abrasaba las conciencias con esa virtualidad propia de lo que llaman los químicos el estado naciente; por las disputas y controversias filosóficas; por los gigantescos acontecimientos políticos y militares que siguieron durante siglos a la caída del mundo antiguo y que forjaron entre hierro y sangre el mundo medioeval y moderno. Por esto las ciencias en general y la astronomía en particular se vieron poco cultivadas en Europa; y fueron los árabes, que habían establecido en España no sólo un imperio sino una cultura, los que sirvieron de vehículo a la entrada en el mundo occidental de los descubrimientos e ideas de los antiguos; pero no fueron un simple vehículo inerte y estéril, sino que transmitieron la ciencia antigua transfundiéndola en su propio genio.

La obra de Ptolomeo, traducida del griego al árabe con el nombre de *Almagesto* en el siglo IX, fué conocida en Europa a través de las escuelas astronómicas musulmanas de España. Esta es la razón por la cual tantas estrellas tienen nombres árabes (*Aldeba-*

⁷ Bigourdan: *L'Astronomie*, p. 281.

⁸ George Sarton: *Introduction to the history of science*, Vol. 1, p. 273. (Baltimore, 1927).

rán, *Altair*, *Deneb*, *Rigel* . . .) y que tantos términos astronómicos provengan igualmente de raíces arábigas (*nadir*, *zenit*, *azimut*, *almicantarat*, . . .).

El *Almagesto* fué la nave a bordo de la cual entraron a la Europa occidental de la Edad Media muchos de los conocimientos de la ciencia alejandrina y arábica. Traducido del árabe al latín por Gerardo de Cremona en el siglo XII, fué el primer libro latino en el cual los números se escribieron con nuestros caracteres arábigos actuales. Poco después se conoció en Europa el propio texto griego de Ptolomeo, que Jorge de Trebisonda tradujo directamente al latín a mediados del siglo XV. Esta traducción se imprimió en Venecia en 1528, y en 1538 fué impreso por primera vez el original griego.

La influencia y autoridad del *Almagesto* explican el que se designe universalmente con el nombre de *sistema de Ptolomeo* a la hipótesis que coloca a la Tierra en el centro del universo.

Esta concepción, que como dejo dicho fué la base sobre la que se construyó el prodigioso monumento de la astronomía antigua, no fué empero la única que se presentó a los espíritus; y ya en la propia Grecia surgieron tentativas de explicar los fenómenos celestes suponiendo al Sol en el centro del universo y a la Tierra y demás planetas animados de un movimiento de revolución en torno suyo. El famoso astrónomo Aristarco de Samos, a quien ya he mencionado a propósito de su determinación de las distancias relativas del Sol y la Luna a la Tierra, parece ser quien defendió de un modo más serio esta teoría; y aunque el libro en que la expuso no ha llegado hasta nosotros, no cabe duda de que efectivamente profesaba tales ideas, pues se las atribuyen Simplicio, Arquímedes, Plutarco, etc.

Pero estas eran opiniones aisladas, que significan bien poco al lado de la obra inmensa que realizaron los astrónomos antiguos quienes, suponiendo fija la Tierra en el centro del universo, construyeron un sistema científico perfectamente coherente y, dentro de lo que permitían juzgar las medidas de la época, bastante acorde con los resultados de la observación.

La astronomía medioeval siguió plasmada dentro de los mismos moldes, y salvo uno que otro pensador audaz que eventualmente se atrevía a sospechar la inmovilidad del Sol, nadie se sin-

tió incómodo dentro del marco que los antiguos habían legado al pensamiento astronómico de la posteridad.

Y ya que trato de la conformidad con que en la Edad Media se admitió el sistema astronómico de los antiguos, llamado de Ptolomeo, quiero detenerme a comentar la frase que una anécdota conocida pone en los labios de Alfonso x, el Sabio, rey de Castilla y de León, frase que se presenta como una prueba de que ya en el siglo XIII resultaba insostenible el sistema de Ptolomeo. Desde antes de ocupar el trono, Alfonso había reunido en Toledo a un grupo de sabios árabes, judíos y cristianos que redactaron los *Libros del Saber de Astronomía* y las *Tablas Alfonsinas*, obras que contribuyen a su gloria tanto como las *Siete Partidas*. Pues bien, se cuenta que el Rey Sabio decía que *si Dios le hubiese consultado antes de crear el mundo, éste habría resultado más perfecto*. Pero a pesar de que tal declaración figura como moneda corriente en muchos libros modernos, no hay prueba bastante de su autenticidad. Se la encuentra por primera vez en las crónicas del reino de Aragón, mandadas redactar por el rey don Pedro IV (a quien sus cortesanos llamaban *el Ceremonioso*, sus adversarios *el Cruel*, y sus enemigos *el Malo*), al que se le ha atribuido el haber inspirado, 50 años después de la muerte de don Alfonso el Sabio, y por odio a su memoria, la inclusión de este relato en las crónicas de Aragón, con el fin de hacerle aparecer como impío.⁹

Es curioso que una frase que según críticos autorizados fué atribuida al rey de Castilla por un adversario empeñado en lanzar sobre él un sambenito de impiedad, haya servido para que siglos después se le presente como a un intuitivo genial, que entreveía la verdadera estructura del universo! Y si no estamos seguros de la autenticidad de la frase, menos podemos estarlo de que ella se refiriese a cuál era el verdadero sistema del mundo.

Por lo demás, parece que tampoco era fundado el acusarle de impío, pues en realidad, Alfonso el Sabio, a pesar de sus errores políticos y de sus injusticias, tenía una gran fé; y precisamente se esforzaba por convertir al cristianismo a los astrónomos y mate-

⁹ Manuel Rico y Sinobas: Prólogo a los *Libros del saber de astronomia*, p. xxxii. (Madrid, 1863).

máticos judíos y musulmanes que estaban a su servicio. A uno de estos últimos, en particular, llamado Abubéquer Mohámed Benhamed, lo trataba espléndidamente, colmándole de riquezas y honores, en la esperanza de atraérselo y lograr que se hiciera cristiano. Cuando le propuso francamente que se convirtiera, el moro, pensando en la Santísima Trinidad que él era incapaz de interpretar debidamente, le dijo: "Ahora sirvo a un solo Dios, que es Alá, y apenas puede cumplir con él; ¿cómo me las arreglaría para servir a tres?"¹⁰

Ciertamente que la concepción geocéntrica, según la cual todo el Universo giraba en torno de la Tierra, con sus excéntricos y sus inevitables epiciclos, traía consigo grandes complicaciones; y conducía a dar de los fenómenos unas explicaciones que a veces resultaban muy artificiales y rebuscadas; pero era en extremo difícil que los espíritus se independizaran de ella, y esto por tres razones: primera, porque estaba acorde con la evidencia de los sentidos; segunda, porque era una teoría que había dado pruebas de su eficacia, como que dentro de su marco se había creado ese prodigio de la astronomía antigua; y tercera, porque para repudiarla habría sido preciso ir contra la inmensa autoridad del *Almagesto*. Esto último era acaso lo más grave; porque en el mar greco-romano de la cultura profana medioeval, Aristóteles y Ptolomeo se elevaban como las columnas de Hércules del Mediterráneo geográfico: *Non Plus Ultra*.

Y además de las razones que dejo consignadas, que mantenían a los espíritus apegados a las concepciones de la astronomía antigua, existían contra la hipótesis del movimiento de la Tierra verdaderos argumentos, que para la mentalidad insuficientemente informada de los sabios de la época habían de resultar concluyentes. No eran solamente las objeciones ingenuas, como el argüir que si la Tierra se moviese veríamos a las nubes alejarse en sentido opuesto a su movimiento, y que los pájaros que un momento se apartaran de sus nidos no podrían volver a encontrarlos. Había también argumentos de un peso verdaderamente fundamental:

¹⁰ José Sánchez Pérez: *Biografías de matemáticos árabes que florecieron en España*, p. 100. (Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, Serie Segunda, Tomo 1).

si la Tierra se moviese en torno del Sol, observaríamos en las estrellas un movimiento aparente inverso del de la Tierra. Ahora sabemos que en efecto existe ese movimiento aparente: es el movimiento sobre las elipses paralácticas; pero debido a la enorme distancia de las estrellas, que no podía sospecharse en la antigüedad, se necesitan los refinados instrumentos de nuestros días para descubrirlo.

Por otra parte, no debemos olvidar que, fuera de su complicación, la astronomía antigua constituía, como dejo apuntado, un sistema casi perfecto. Ciertamente que los excéntricos sólo permitían dar una explicación groseramente aproximada de los fenómenos; pero no ocurría lo propio con los epiciclos. La concepción de estos últimos era complicada, era artificiosa, podría sostenerse que era lógicamente inverosímil; pero era técnicamente perfecta; y con un sistema adecuado de epiciclos habría sido posible dar cuenta de todas, absolutamente de todas las particularidades del movimiento planetario. Ciertamente que yo no pretendo defender un sistema ya definitivamente superado por el desarrollo de la ciencia, y que por lo demás sólo puede ser atacado por mentalidades superficiales, ni se me oculta que, de haberse mantenido tal interpretación de los fenómenos astronómicos, nunca habrían podido surgir la teoría de la gravitación y toda la floración magnífica de la mecánica celeste, que son hijas de las leyes de Kepler: lo único que quiero hacer resaltar es la eficacia de esta concepción de los epiciclos como base de una explicación formal del movimiento de los astros. Llega a tanto la perfección del sistema, que para el movimiento de la Luna, por ejemplo, a cada epiciclo concebido por los antiguos, corresponde exactamente un término en los modernos desarrollos de la Mecánica Celeste. Sólo que mientras la introducción de un nuevo epiciclo exigía una intuición genial — por lo cual sólo llegaron a descubrirse unos pocos — los actuales cálculos de la astronomía no requieren sino la aplicación de un método general, establecido de una vez por todas. Y volvemos a comprobar la función económica de la ciencia, que con un gran ahorro de pensamiento permite alcanzar vastos resultados.

(Esto no significa, ciertamente, que yo desconozca cuánto hay de genial y de admirable en la obra de aquellos hombres que, como Laplace, Hill o Poin-

caré, han creado los métodos de la mecánica celeste. Simplemente me refiero, al decir que estos métodos pueden aplicarse sin un despliegue de genio, a tantas modestas y apreciables investigaciones como aparecen regularmente en la literatura científica, debidas a laboriosos profesores y hombres de estudio: tales una teoría del planeta *Astrea*, o una memoria sobre las perturbaciones del cometa de *Winecke* por *Urano* antes de su último paso por el perihelio, o una nota acerca de las perturbaciones planetarias indirectas en el movimiento de *Hiperión*).

II. LA VIDA Y LA OBRA DE COPÉRNICO

Concepción geocéntrica del Universo, excéntricos, epiciclos: tal era el estado de la ciencia cuando aparece en ella la gran figura de Copérnico.

Nicolás Copérnico nació en la ciudad de Toruń en 1473, probablemente el 19 de febrero. Toruń, la Thorn de los alemanes, es una vieja ciudad fundada a principios del siglo XIII y que, después de sacudir el yugo de los caballeros teutónicos, se sometió en 1454 al rey de Polonia, que era entonces Casimiro IV. A esta ciudad vinieron poco después a establecerse los padres de Copérnico, que procedían de una antigua familia de la Silesia establecida en Cracovia desde el siglo XIV.

El futuro astrónomo pasó su infancia en Toruń y concurrió a la Escuela Parroquial de la Iglesia de San Juan. Muerto su padre cuando él tenía apenas 10 años, le tomó bajo su tutela Lucas Watzelrod, hermano de su madre Bárbara Watzelrod, y que después fué Obispo de Varmia. Desde 1491 a 1495 el joven Copérnico estudió en la Universidad de Cracovia, que puede considerarse como el Alma Mater de la cultura polaca clásica, donde se supone que fué discípulo del astrónomo Alberto Brudzewski. Después de estos estudios en su propio país, Copérnico viajó a Italia donde estudió Derecho Canónico en la Universidad de Bolonia. En 1500 se encontraba en Roma y de 1501 a 1503 estudió medicina en Padua. Al matricularse en las universidades italianas, lo hizo como estudiante de nacionalidad polaca.

Durante la estada de Copérnico en Italia, su tío el Obispo influyó para que fuese electo canónigo de Varmia. Esto ha hecho suponer a algunos, erróneamente, que Copérnico fué sacerdote. Parece probado que no lo fué, y en todo caso, en aquella época

no se necesitaba ser sacerdote para ser canónigo, porque el oficio de canónigo era enteramente distinto de lo que es ahora, y le correspondían funciones absolutamente diversas de las actuales. Cosa análoga ocurre con Abelardo, el filósofo francés de tan turbulenta vida, del cual sabemos que era canónigo sin que se pueda precisar exactamente, como dice Etienne Gilson,¹¹ lo que esto quería decir entonces, pues ignoramos lo que era un canónigo en la Edad Media.

En 1504 o 1505 regresó Copérnico a su país, donde llevó una múltiple y agitada vida de estudio y de lucha.

Como canónigo de Varmia fué eficaz colaborador de su tío el Obispo al defender los bienes de la Iglesia contra las depredaciones de los Caballeros Teutónicos, y los defendió ora con las armas en la mano, ora dirigiendo premiosas instancias al rey de Polonia Sigismundo I para que acudiese en defensa de la Iglesia polaca amenazada por los avances de esa Orden.

Otro aspecto extraordinariamente interesante de la figura de Copérnico es su calidad de gran economista. Una de las leyes fundamentales de la Economía Monetaria es la llamada *ley de Gresham*, formulada por el financista inglés Sir Thomas Gresham en el siglo XVI, y según la cual, cuando existen en el mercado una moneda buena y otra mala, la moneda mala expulsa a la buena, es decir que sólo la mala circula, pues la buena es atesorada; ley que cumplimos nosotros todos los días cuando conservamos los billetes nuevos, eligiendo para hacer nuestros pagos los más viejos y maltruchos. Pues bien, esta ley de Gresham fué en realidad descubierta por Copérnico varios años antes de que pensara en ella aquel que le dió su nombre; y en efecto, el gran sabio polaco la expresa en un folleto publicado en 1526, titulado *De arte monetae cudendae* (*Del arte de acuñar moneda*).

Como había estudiado medicina en Italia, la ejerció al volver a su país, y por cierto que con una inmensa generosidad para con los pobres.

¹¹ Etienne Gilson: *Héloïse et Abélard*, Ch. II. (Paris, 1938). Es tan cierto que el título de canónigo no suponía el estado sacerdotal, que el propio Abelard habla de muchos canónigos que se negaban a aceptar las órdenes sagradas. La cosa no comenzaba a interesarles sino cuando se trataba para ellos de llegar a ser obispos. (Gilson, p. 54).

Pero el canónigo luchador que defendió bravamente los bienes de la Iglesia, y el economista de genial intuición, y el médico abnegado y caritativo, yacerían olvidados o cuando más figurarían en los recuerdos locales de Toruń y de Varmia, si no hubiera surgido el gran pensador que abriría las puertas de una astronomía nueva.

Parece que Copérnico tuvo desde sus años juveniles la idea de que el Sol está fijo en el centro del sistema planetario en tanto que la Tierra y los demás astros giran en torno suyo, pero sin duda que no se atrevió a publicar su idea revolucionaria por temor a las luchas que ella podía acarrearle, y por temor también a las burlas de los necios.

No había de ser principalmente con la Iglesia con quien hubiera de luchar para establecer el nuevo sistema del mundo, sino con los espíritus apegados a las ideas antiguas, espíritus de la Iglesia y de fuera de ella, y que en el fragor de la disputa, con la mentalidad de la época, echarían mano de todos los argumentos y de todas las armas, inclusive la acusación de que la nueva doctrina era contraria a la autoridad de la Biblia. El hecho era tan natural, que Aristarco, el sabio griego que tres siglos antes de Jesucristo afirmó el movimiento de la Tierra, fué igualmente acusado de impiedad, y no ciertamente por la Iglesia Católica, sino por los politeístas griegos. Y así fué como Copérnico escribió primero un folleto titulado *Comentariolus*, en que proponía el nuevo sistema del mundo no como una verdad absoluta sino como una hipótesis, no atreviéndose a publicar una obra fundamental por temor, decía él mismo, de que sus doctrinas le convirtieran en objeto de risa y vilipendio. Sin embargo, su amigo el Cardenal Nicolás Schönberg le instaba afectuosamente a hacer conocer la exposición sistemática y completa de sus ideas, y lo mismo hacían dos discípulos devotos que eran Jorge Joachim — *el Rético* — y Oslander. Al fin se decidió, pues, a enviar a la imprenta los originales de su famoso libro, titulado *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, encargando a Oslander que vigilara la edición, que se hizo en Nurenberg, en la imprenta de Schoner. Mientras se imprimía la obra, Copérnico sufrió un ataque de apoplejía que le dejó paralítico; y murió poco después de haber recibido el primer ejemplar.

Copérnico, que en sus luchas con los caballeros teutónicos había demostrado ser un hombre de temple, y en sus estudios económicos, ser un hombre sagaz, carecería sin duda de un arma con que defenderse de las burlas de los necios, pero tuvo un recurso de gran resolución y audacia para ponerse a cubierto de las censuras que pudieran caerle del lado de la Iglesia, y ese recurso fué juzgarse el todo por el todo y dedicarle su obra al Papa, que era Paulo III, *confiando* — le decía en su dedicatoria — *en que su libro propendería a la mayor gloria de la Iglesia.* Y en efecto, la Iglesia vió con buenos ojos la aparición de la nueva teoría sobre la estructura del Cosmos. Fueron, por el contrario, los protestantes quienes profirieron contra ella y su autor los mayores denuestos. Lutero llama a Copérnico *el loco, que quiere cambiar todo el arte de la Astronomía.*¹²

En esta obra, Copérnico utiliza todo el arsenal de observaciones legado por la astronomía antigua y registrado en el *Almagesto*, añadiendo además las suyas propias; y hace ver cómo todo este conjunto de datos puede interpretarse satisfactoriamente con la hipótesis heliocéntrica, es decir suponiendo al Sol en el centro y a la Tierra y demás planetas girando en torno suyo, mientras que la Luna se mueve alrededor de la Tierra. En cuanto a la objeción capital contra esta teoría, a saber, que si la Tierra se moviese las estrellas deberían cambiar de lugar aparente en el cielo, Copérnico opone la réplica justâ: no advertimos ese movimiento aparente de las estrellas por la enorme distancia a que se encuentran de nosotros. Habían de pasar todavía siglos antes de que la ciencia lograra observar y medir las elipses paralácticas.

Sin embargo, en medio de tan magnífica liberación de la concepción astronómica de los antiguos, hay algo de ella que Copérnico conserva: la forma circular de las órbitas, que le obliga a acudir a los excéntricos y a los epiciclos para explicar las particularidades del movimiento planetario. Y dentro de estos cánones de la astronomía antigua, a la que él le cambió sus bases respetando su estructura, el gran astrónomo polaco aportó una contribución genial a la teoría de la Luna. Podría creerse que el haber descu-

¹² Martin Luther's *Tischreden*, vol. IV, p. 575.

bierto el nuevo sistema del mundo constituye una gloria tan excelsa, que todo otro trabajo del astrónomo de Toruń debiera paliar a su lado; y ciertamente que jamás hombre alguno recibió de la divina providencia un don más espectacular que este de descubrir el verdadero sistema del universo. Pero así como hay regalos de Dios que valen infinitamente más que la revelación de los arcanos del mundo, e infinitamente más que la gloria, grande o pequeña, que su descubrimiento trae consigo, así también, en otra escala, el perfeccionamiento de la teoría de la Luna por Copérnico,

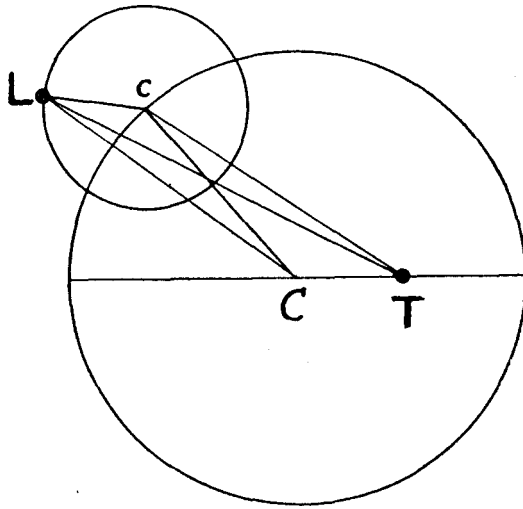


Figura 3.—Movimiento de la luna sobre un epiciclo montado en deferente excéntrico, según Ptolomeo.

que el criterio profano no podría estimar en su justo valor, acusa una inventiva genial, digna de los astrónomos griegos cuya línea de pensamiento sigue en gran forma.

Se trata de lo siguiente: según la teoría de Ptolomeo, la Luna se movería sobre un epiciclo, móvil a su vez sobre un excéntrico, el deferente; y esto permitía explicar con apreciable precisión sus cambios de lugar entre las constelaciones de la bóveda celeste, en lo que se refería a sus variaciones de longitud; pero tal suposición tenía el inconveniente de dar resultados muy inexactos en lo tocante a la distancia, variable dentro de ciertos límites, de la Luna

a la Tierra, distancia que los astrónomos podían estimar por el tamaño aparente del astro. Con el objeto de subsanar esta deficiencia, Copérnico considera a la Tierra *en el centro del deferente* (que así deja de ser un excéntrico), e introduce en cambio un nuevo epiciclo sobre el cual se movería el satélite. (Véanse las figuras 3 y 4). Como se comprende, ahora no puedo entrar en mayores detalles sobre este punto; pero debo decir que este nuevo epi-

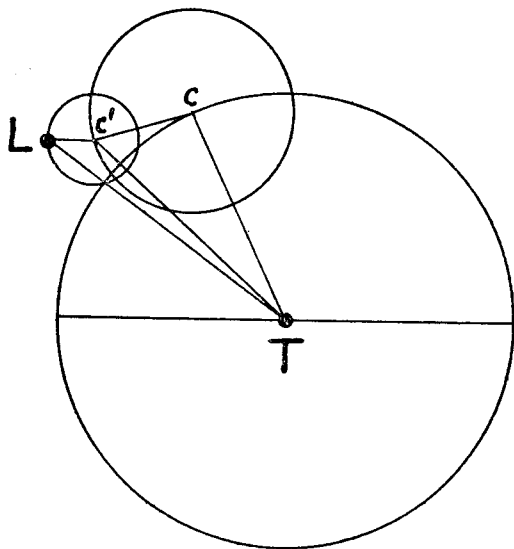


Figura 4.—Sistema de epiciclos de la Luna, según Copérnico. Tico Brahe introdujo un sistema aun más complicado de epiciclos para explicar la variación, desigualdad descubierta por él.

ciclo agregado por Copérnico corresponde, en el lenguaje matemático de la astronomía moderna, a la consideración de un nuevo término en el desarrollo de la longitud de la Luna.¹³

Más de medio siglo después de la muerte de Copérnico, a principios del siglo XVII, apareció la obra de Juan Kepler, en la que éste expresa los resultados de 20 años de una labor infatigable, al

¹³ Hugh Godfray: *An elementary treatise on the lunar theory*, p. 112. (London, 1885).

cabo de los cuales se convenció de que había de prescindirse del prejuicio de las órbitas circulares y reconocer que los planetas se mueven a lo largo de elipses uno de cuyos focos ocupa el Sol.

El libro de Copérnico está precedido de un prólogo en el cual se dice que la obra no pretende afirmar la realidad del sistema propuesto, sino sólo presentarlo como una hipótesis y hacer ver que si se supone al Sol fijo en el centro del sistema planetario, todos los

R^{me}
 In Christo pater et dominus Dⁿⁱ Clementissimus Henr. bone memorie felix
 cultus et canonicus ex humanis factus traditus est sepulture Canonice
 et prebende vacante pro d. Raphaeli Canopassky procuratorio nomine
 acceptam et de ica providendi ipsiusq. illi concessi fieri sicut forma hanc
 aptissimum vigore nominationis S^{re} me. Regine polonie etc. Quod
 sup. est R. d. v^{ra} dignetur conferri sicut p^{re}bere. emm q. capto suo
 confirmare ut datur illi per vel m^{hi} procuratori possessio vacantis.
 prebende s^{ic} qui R. d. v^{ra} ad rem hanc aptissimum fuerit. Domino
 vero palatino pomeranie eiusq. filio et m^{hi} gratia singulariter
 quam erga R. d. v^{ra} studemus promitteri. Ex francoburg
 in Martij Anno M. D. xxxv

L. R. d. v^{re}

*Scriptor Nicolaus
 Copernicus*

Facsimil de la escritura y firma de Copérnico.

fenómenos pueden explicarse igualmente bien y por un procedimiento más sencillo que con la doctrina geocéntrica. Los admiradores exagerados del gran astrónomo sostienen que este prólogo, que es la sensatez misma, no es debido a su pluma; sino que fué introducido, en un rasgo de horrible deslealtad, por Osiander. Para concluir con seguridad sobre la verdadera paternidad de esta parte del libro, se necesitaría poseer elementos de juicio y recur-

sos de documentación que sólo existen en bibliotecas y archivos de Europa, amén de ser un crítico y no un profesor de matemáticas. Pero juzgando las cosas externamente, me parece más probable que tal prólogo haya sido escrito por Copérnico, hombre prudente, que por Osiander, espíritu atrabiliario y violento. Si es de Copérnico, él constitúye en realidad un motivo más para admirarlo; porque como ya he dicho en otra ocasión, cuando el nuevo sistema del mundo hizo su aparición en la ciencia, era exactamente una hipótesis, nada más que una hipótesis. Hipótesis que los hechos descubiertos posteriormente, los nuevos métodos, los instrumentos perfeccionados, y en suma el ulterior desarrollo de la ciencia, han venido a confirmar, dándole el carácter de una verdad inconcusa.

III. EL SISTEMA DE COPÉRNICO Y LA CIENCIA ACTUAL

Es así, como una conquista definitiva, como debemos ver el sistema astronómico establecido por Copérnico. Sería menester interpretar de una manera absurda algunos progresos científicos recientes, para pensar que ellos pueden de algún modo hacernos dar marcha atrás en el camino de la astronomía. Pero como no han faltado quienes hayan entrevisto la posibilidad de atribuir tal sentido a ciertas frases de algunos sabios modernos, convendrá que nos detengamos brevemente a examinar esta cuestión.

Cuando un editor francés activo e inteligente le propuso al gran matemático Henri Poincaré reunir en un volumen algunos de los prefacios de sus libros estrictamente científicos, lo que le aseguraría a ambos un negocio espléndido de librería, apareció ese volumen que ha pasado por todas las manos, llamado *La Ciencia y la Hipótesis*, al cual siguieron otros más, inclusive uno póstumo, *Dernières Pensées*. Estos libros han servido para dar a muchas personas la ingenua ilusión de que *han leído a Poincaré*. Al estudiar en uno de los capítulos de *La Ciencia y la Hipótesis* el movimiento absoluto y relativo, Poincaré afirma que sólo conocemos movimientos relativos y que por lo tanto no podemos afirmar rotundamente que la Tierra gira y el resto del universo está en su conjunto en reposo, porque tal afirmación sencillamente carece de

sentido. En efecto, ¿con qué elementos de referencia podemos comparar a todo el resto del universo para afirmar que está en reposo? Lo único lícito, hace notar el célebre investigador, es afirmar esto: que suponiendo que la Tierra gira sobre sí misma en un día y en torno del Sol en un año, se puede dar de los fenómenos observados una explicación mucho más simple que suponiendo que la Tierra está fija, que toda la bóveda celeste gira en torno suyo en 24 horas, y que los astros del sistema planetario están animados de los complejos y extraños movimientos que les atribuyeron los astrónomos antiguos.

Ya Newton prestó atención a la diferencia entre movimiento absoluto y relativo, afirmando que toda traslación tiene el carácter de un simple movimiento relativo, al paso que los movimientos de rotación tienen carácter absoluto, como lo prueba la existencia de la fuerza centrífuga. Para probar este carácter absoluto de la rotación, Newton propone un experimento:¹⁴ colguemos de una cuerda un cubo lleno de agua y hagámosle dar vueltas hasta que la cuerda se retuerza todo lo posible: ésta quedará con una tendencia a destorcerse, como si fuera un resorte. Al soltar entonces el cubo, la cuerda se destuerce imprimiéndole un rápido movimiento de rotación sobre su eje. En los primeros momentos, sólo la vasija gira, pues el rozamiento de sus paredes con el agua no basta para comunicar al líquido el movimiento de rotación, y entonces la superficie libre de éste se conserva plana y horizontal; pero cuando el agua llega a ser arrastrada en el movimiento de rotación, aparece la fuerza centrífuga: la superficie del líquido adopta una forma curva, y se derrama por los bordes de la vasija si ésta estaba demasiado llena. “Yo mismo — dice ingenuamente Newton — he realizado esta experiencia”. De todo ello deduce que la *rotación relativa* de la vasija con respecto al agua no produce en ésta ninguna fuerza; pero cuando el agua misma ejecuta el movimiento de rotación, se hace presente la fuerza centrífuga; lo cual prueba, en su concepto, que la rotación tiene un carácter absoluto.

¹⁴ Isaac Newton: *Mathematische Principien der Naturlehre*, p. 29. (Berlin, 1872). Las versiones inglesas de los *Principia*, y la francesa (hecha por la Marquesa del Chatelet), están agotadas. No hay versión española. Cito la alemana, excelente, debido a J. Ph. Wolfers.

Así mismo, el movimiento de la Tierra sobre su eje genera una fuerza centrífuga de la cual tenemos sobradas pruebas: hace disminuir la intensidad de la gravedad cuando avanzamos del polo al Ecuador, y a ella debe nuestro planeta su forma de un elipsoide de revolución achatado, con un inflamiento ecuatorial. Y por estos efectos, aun en el caso (imaginado por Poincaré) de que el cielo estuviera siempre cubierto de nubes que nos impidieran ver el movimiento de los astros, podríamos por simples medidas y experimentos terrestres descubrir el movimiento de rotación de nuestro globo. Pero todos los hechos observados podrían explicarse igualmente bien, según anota el mismo matemático, suponiendo que la Tierra está en reposo y que existe un campo de fuerza (centrífuga) que tiende a alejar a los cuerpos de su eje, así como existe un campo de fuerza (de la gravedad) que los atrae al centro del planeta; sólo que tal explicación conduciría a leyes, fórmulas y métodos mucho más complicados que los actuales. Así, pues, no podemos afirmar que la rotación de la Tierra es una verdad absoluta, sino sólo que es una interpretación de los fenómenos mucho más cómoda y conveniente que la interpretación contraria.

Volviendo al experimento de Newton, Ernesto Mach observa en su obra verdaderamente genial sobre la historia de la mecánica, que no podemos afirmar que sea la rotación absoluta la que genera fuerza centrífugas, porque no conocemos ninguna rotación absoluta, ni habría siquiera manera de definirla. Lo único que conocemos son rotaciones relativas de un cuerpo con respecto al resto del universo y por lo tanto no podemos afirmar que sea la rotación absoluta del cubo de agua la que hace aparecer la fuerza centrífuga en la masa líquida, sino la rotación relativa con respecto a los restantes cuerpos del universo. Si pudiéramos imprimir un movimiento de rotación al universo en torno de un cubo de agua y viéramos que esa rotación universal no produce ningún efecto, sólo entonces podríamos llegar a la conclusión de que existen rotaciones absolutas y que son las únicas capaces de producir fuerza centrífuga. Pero no podemos hacer ese experimento porque, según la frase expresiva de Mach, *"el universo no se nos da dos veces, primero con una Tierra en reposo, después con una Tierra animada de una rotación, sino una sola vez, con sus movimientos*

relativos, únicos que podemos determinar".¹⁵ Si pudiéramos conocer en dos versiones distintas, por decirlo así, al universo, podríamos comprobar si en efecto sólo las rotaciones absolutas desarrollan fuerza centrífuga. Y ya que esto no ocurre, sólo podemos afirmar que la rotación relativa de un sistema con respecto al conjunto del universo produce tal fuerza.

Pero si es cierto que no sería posible poner a girar todo el universo, a nuestra voluntad, en torno de un barreño de agua, en cambio sí es posible hacer girar con gran velocidad un pesado volante, y así averiguar, por una verdadera experiencia directa, y gracias a medidas precisas hechas con instrumentos de gran sensibilidad, si la simple rotación relativa es capaz de generar fuerza centrífuga. Este es el experimento que idearon los hermanos B. y J. Friedländer, que lo proponen en su obra *Absolute und Relative Bewegung*, impresa en Berlín en 1896.¹⁶ El experimento de Friedländer no se ha llevado a cabo hasta ahora, principalmente por las dificultades de orden material de empresa semejante; pero creo que no tardará mucho tiempo antes de que uno de esos grandes laboratorios norteamericanos en que se pone toda la potencia de una industria gigante al servicio de la investigación científica, nos anuncie haber efectuado el experimento; y tengo la seguridad de que cuando se le realice en escala suficientemente grande, su resultado será positivo.

De todas estas discusiones, que cómo vemos son anteriores a la teoría de la relatividad, algunos espíritus un poco ligeros han llegado a concluir que ya no estamos ciertos del movimiento de la Tierra y que acaso en realidad nuestro Globo se encuentra fijo en el centro de un universo que gira en torno suyo. Como los enemigos de la Iglesia han explotado tanto en contra de ésta el proceso de Galileo, que según ya he demostrado en otra oportunidad¹⁷

¹⁵ Mach: *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, II, vi. (Altenburg, 1891).

¹⁶ Erwin Freundlich: *Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie*, Anmerkung 19. (Berlín, 1920). Excelente traducción castellana de José María Plans y Freyre: *Los fundamentos de la teoría de la gravitación de Einstein*. (Madrid, Calpe, 1922).

¹⁷ Cristóbal de Losada y Puga: *Galileo*. (Lima, Universidad Católica del Perú, 1942). Publicado también en la *Revista de la Universidad Católica del Perú*, t. X, p. 253.

no tiene nada que pudiera servir de asidero para una campaña semejante, hasta verdaderos católicos han llegado a creer que el tal proceso constituía efectivamente una mancha en la brillante historia del catolicismo; y algunos de ellos pensaron que las lucubraciones de Poincaré y de Mach podían servir como un justificativo de la actitud de la Iglesia frente a Galileo. No hay tal: la actitud de la Iglesia para con Galileo se justifica por el estado de la ciencia en el siglo XVII, y no por el estado de la ciencia en el siglo XX.

En efecto, las consideraciones de Mach, de Poincaré y en general de los representantes de la escuela científico-filosófica que tan interesantes trabajos produjo a fines del siglo pasado y principios del presente, sólo alcanzan a precisar el valor y los límites de nuestra certidumbre, pero de sus discusiones no sería justo concluir que todas las hipótesis que hagamos acerca de la estructura del Cosmos son equivalentes, o peor aún, que son indiferentes. Podrán serlo en pura teoría epistemológica, pero no presentan ni igual probabilidad, ni iguales ventajas para el desarrollo de la ciencia.

Y puesto que Copérnico nunca tuvo dificultad alguna con la Iglesia, me parece ocioso el insistir sobre este punto que, por lo demás, ya está de sobra juzgado.

El empeño de interpretar las observaciones de Poincaré y de Mach en el sentido de que acaso la Tierra no se movía, había pasado ya cuando surgió en el mundo científico la teoría general de la relatividad de Einstein. Y, acaso por la enorme preparación científica necesaria para comprender esta teoría, que hizo que sólo se acercasen a ella quienes verdaderamente podían comprenderla, es lo cierto que ya no se trató de utilizarla para una ingenua y superflua justificación del proceso de Galileo.

Pero puesto que he tratado del carácter relativo de la rotación, quiero decir algo de los estudios de Thirring y Kopff sobre las conclusiones de la teoría de la relatividad acerca de la fuerza centrífuga desarrollada por una rotación relativa. Hans Thirring, profesor de física en la universidad de Viena, comenzó a ocuparse en la teoría de la relatividad con una memoria publicada en unión del profesor J. Lense, de la escuela técnica superior de Munich (Bayerische Technische Hochschule), y que versaba sobre la in-

fluencia que, según la teoría de la relatividad, tendría la rotación del cuerpo central sobre el movimiento de los planetas y satélites,¹⁸ en la cual estos sabios llegaban a la conclusión de que la rotación de un astro tal como el Sol, sólo podría producir perturbaciones muy pequeñas, y desprovistas de interés astronómico, sobre el movimiento de los planetas de su sistema. Pero este primer trabajo parece como que preparó al profesor de Viena para una nueva investigación, y esta versó sobre el efecto de la rotación de masas lejanas sobre un punto del espacio, asunto al cual consagró una luminosa y breve memoria y luego una corta nota complementaria.¹⁹ La manera cómo plantea Thirring este problema, consiste en discutir el efecto que la rotación de una esfera material hueca de pared delgada produce en un punto de su interior. Según la teoría clásica de la gravitación, tal como la estableció Newton, en el interior de una esfera hueca homogénea no existe campo alguno de fuerza; pero con la teoría de la relatividad, Thirring llega a la conclusión de que si una capa esférica se encuentra animada de un movimiento de rotación, en un punto cualquiera situado en su interior aparece un campo de fuerzas que produce sobre un punto material cualquiera dos aceleraciones idénticas a las que en la mecánica clásica llamamos aceleración centrífuga y aceleración de Coriolis; pero aparece además una componente paralela al eje de rotación, que no tiene ningún equivalente en la mecánica clásica.

El problema fué tratado nuevamente, y definitivamente resuelto, por Augusto Kopff,²⁰ profesor de astronomía en la universidad

¹⁸ J. Lense u. H. Thirring: Ueber den Einfluss der Eigenrotation der Zentralkörpern auf die Bewegung der Planeten und Monde nach der Einsteinschen Gravitationstheorie. *Physikalische Zeitschrift*, 19. Jahrg. (1918), p. 156/63.

¹⁹ J. Hans Thirring:
Ueber die Wirkung rotierender ferner Massen in der Einsteinschen Gravitationstheorie. *Physikalische Zeitschrift*, 19. Jahrg. (1918), fasc. 3, p. 33/9.
Berichtigung zu meiner Arbeit: "Ueber die Wirkung..." *Ibid*, 22. Jahrg. (1921), fasc. 1, p. 29/30.

²⁰ August Kopff:
Bemerkung zur Rotationsproblem im Gravitationsfeld der Sterne. *Physikalische Zeitschrift*, 22. Jahrg. (1921), p. 24.

Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie, p. 186 y sigts. (Leipzig, 1921).

de Heidelberg. Como no podía menos de esperarse, la rotación de grandes masas materiales hace nacer un verdadero campo de fuerzas que obra en puntos que no participan del movimiento.

Pero felizmente — por aquello de que no hay mal que por bien no venga — la teoría de la relatividad, sobre todo la teoría general, es demasiado elevada para que la aborden personas de insuficiente formación científica; y esta es sin duda, como dejo insinuado, la causa por la cual estas conclusiones de los modernos físicos relativistas no han sido utilizadas para revivir la discusión sobre el proceso de Galileo.

Lejos de creer que las ideas de Poincaré y de Mach, o los cálculos de Thirring y de Kopff permiten poner en duda el valor del sistema de Copérnico, debemos pensar por el contrario que, aunque Kepler habría podido ciertamente deducir sus leyes suponiendo a la Tierra fija en el centro del universo (no en la forma supuesta por Ptolomeo, sino conforme al sistema de Tico Brahe), la obra de Newton no habría sido posible si no se hubiera conocido el verdadero sistema del mundo tal como lo expuso Copérnico; y por lo tanto no habría existido toda la moderna Mecánica Celeste, ni habría podido nacer tampoco la teoría de la relatividad, que no es sino la culminación magnífica de la ciencia clásica.

Tal aparece la obra de Nicolás Copérnico, a los ojos de lo que podríamos llamar la crítica científica. La he presentado con perfecta sinceridad, sin disimular la admiración que en todo espíritu informado y sereno tiene de despertar la obra astronómica de los antiguos. No he incurrido pues, ni podía incurrir, en la vulgaridad de denigrar la ciencia anterior a Copérnico, creyendo que con ello avaloraba más sus propios trabajos; porque creo que los hombres que al hacer el elogio de un genio lo presentan como destruyendo un tejido de absurdos, lo único que consiguen es empequeñecer su figura y reducirle a la condición de un hombre que simplemente tuvo la estricta dosis de sentido común para darse cuenta de que sus contemporáneos pensaban al revés.²¹ Yo no

²¹ Harald Höffding, profesor de filosofía en la universidad de Copenhague, en cuya *Historia de la Filosofía Moderna* nos iniciamos los hombres de mi generación y los de la generación anterior en el conocimiento de los pensadores de los cuatro últimos siglos, presenta la obra de Copérnico con un espíritu

quisiera que con lo que voy a decir, nadie se formara la impresión de que soy un hombre de criterio estrecho, ni de que creo que el error es patrimonio exclusivo de los hombres que no piensan como yo; pero es lo cierto — aun admitiendo la posibilidad de que no haya en ello sino una mera coincidencia — que siempre he encontrado esta odiosa tendencia en espíritus enemigos de la tradición. Para mí Copérnico es muy grande, precisamente porque completó la obra genial que habíamos heredado de los griegos; porque fué capaz de comprender que esa ciencia inmensa de Hi-

tan obcecado que ya llega a lo grotesco. “El artificio y la confusión del antiguo sistema del mundo — dice — llevaron a Copérnico a reflexionar sobre la posibilidad de concebir de otro modo los fenómenos celestes. Todo este sistema de esferas y de epiciclos trabados de manera múltiple, parecía contradecir la sencillez y la finalidad que se manifiesta en la naturaleza” (Höfdding, t. 1, p. 166. Mis citas se refieren a la edición española de Daniel Jorro. Madrid, 1907). Este pasaje no puede ser más disparatado, pues Copérnico conservó la concepción de la *esfera de las estrellas fijas*; y en cuanto a los epiciclos, no contento con mantener los heredados de los antiguos, todavía agregó uno, según queda dicho, para perfeccionar la teoría de la Luna de Ptolomeo. Más adelante, en la misma página, se lee: “Lo que, según el principio de simplicidad debía parecer absurdo, era hacer girar el universo alrededor de la Tierra, la gran masa alrededor de la pequeña. ¿No era más sencillo dejar a la gran masa inmóvil y hacer girar solamente a las pequeñas?” Otro disparate, porque en ese tiempo no existía la noción de masa, ni se sabía que los planetas fueran nada más que unos puntos luminosos en el espacio: ni siquiera se podía sospechar que tuvieran forma esférica, pues no se los había visto nunca, porque no existían los anteojos. Leonardo de Vinci, contemporáneo de Copérnico, dice, enunciando lo que entonces era un descubrimiento: *La terra è una stella*.

Pero el siguiente pasaje de Höfdding (p. 115) alcanza la cumbre de lo absurdo y de lo ridículo: “Los últimos años de Copérnico fueron desdichadísimos. Comenzó la reacción católica, y el espíritu liberal que reinaba entre los canónigos, fue sañudamente perseguido por el nuevo Obispo... Pasó Copérnico sus últimos años en una soledad espiritual completa, y atacado de parálisis en la primavera de 1543, murió el 24 de mayo del mismo año, recibiendo en su lecho de muerte un ejemplar de su obra”. De lo cual resulta que “la reacción católica” contra las ideas de Copérnico comenzó *antes de que él publicara la obra en que las exponía* (obra dedicada al Papa!); y Höfdding habla con gran seguridad *del espíritu liberal que reinaba entre los canónigos*, siendo así que no tenemos la menor idea de quiénes eran los canónigos, ni de qué significaba su cargo, ni de qué funciones les correspondían: mucho menos podríamos saber que *reinaba entre ellos un espíritu liberal!*

Höfdding tenía, al hablar de Copérnico, una oportunidad excelente para poner de relieve el mérito de su compatriota Tico Brahe, cuyas precisas observa-

parco y Ptolomeo, se asentaba sobre una base falsa. Ciertamente que tuvo, como los tienen todos los genios, algunos precursores: Heráclides de Ponto y Aristarco, Marciano Capella, el Cardenal Nicolás de Cusa,²² pero fué él quien elevó esas intuiciones felices a la categoría de una doctrina científica sistemática y coherente.

El papel de Copérnico en la historia del pensamiento humano fué el de romper un dique que mantenía embalsados los conocimientos astronómicos. Destruída esa barrera que era la concepción geocéntrica del Universo, la ciencia pudo correr libremente por el cauce de la verdad, acrecentando la riqueza de su caudal con los trabajos de Kepler, de Newton y de todos los astrónomos modernos. No debe sorprendernos que al comienzo de su curso esta corriente, como los torrentes en las altas montañas, haya chocado con obstáculos y que haya presentado rápidos tumultuosos y remolinos insidiosos y confusos donde la blancura de la espuma denotaba la victoria de las aguas animadas y dinámicas sobre peñas estáticas e inertes. Ahora, pasada ya la turbulenta fase del torrente, la vemos convertida en un gran río de correr majestuoso y lento, en ese magnífico y sereno caudal de ideas que es la astronomía moderna.

Cristóbal DE LOSADA Y PUGA.

ciones fueron las que en realidad dieron el golpe de muerte al sistema de los excentricos y los epiciclos, que Copérnico mantuvo y que Kepler substituyó por las órbitas elípticas que ahora conocemos. Pero por lo visto, el amor de Höfding por la memoria de Tico Brahe no era tan grande como su interés en desacreditar el pensamiento medioeval y en arrojar lodo sobre la Iglesia. ¡Verdaderamente que cuando se piensa en los libros que han envenenado nuestra adolescencia y nuestra juventud, se comprende que sólo la infinita misericordia de Dios ha podido salvarnos de ser mucho más extraviados y mucho más malos de lo que hemos resultado!

²² Th. Heath: *Aristarchus of Samos*. (Oxford, 1913). Sarton: *An Introduction to the History of Science*, vol. 1, p. 141, 156. F. Dannemann: *Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihre Zusammenhänge*; 1. Band, S. 92-96, 379-382, 408. (Leipzig, 1920). Aldo Mieli: *Manuale di Storia della Scienza. Antichità*, p. 120-121, 206. (Roma, 1925).