

## LA LÓGICA CELESTIAL DE NICOLÁS COPÉRNICO

En este opúsculo nos proponemos poner de manifiesto la textura de la lógica manejada por Nicolás Copérnico para fundamentar la revolución que realizó en nuestra concepción del universo. Al ocuparnos de esa lógica celestial, intentaremos destacar con precisión sus razonamientos deductivos, inductivos, analógicos y dialécticos. También examinaremos críticamente las explicaciones, predicciones, hipótesis y simetrías que estableció. Por último, trataremos de mostrar cómo se desprenden claramente de sus conclusiones varias de las consecuencias que, luego, pusieron explícitamente al descubierto sus continuadores.

Desde las consideraciones liminares que hace en su obra *De revolutionibus*, en la carta dedicatoria al pontífice romano Paulo III, que le sirve de prefacio, Copérnico declara abiertamente las graves preocupaciones lógicas que lo llevaron a construir la primera teoría científica del mundo, considerándolo como un sistema físico. De una manera tajante, señala que las descripciones establecidas por los antiguos y admitidas por sus contemporáneos, acerca de los movimientos del Sol, la Luna y las otras estrellas errantes, resultaban inconsecuentes. También indica que, en la determinación de los movimientos estelares, los astrónomos no mantenían los mismos principios, ni partían de los mismos supuestos y tampoco utilizaban los mismos métodos de demostración. Más todavía, Copérnico señala cómo los astrónomos omitían algunas hipótesis necesarias, admitiendo en cambio otras que son falsas y, lo que es peor, que introducían en el curso de sus demostraciones ciertas hipótesis extrañas que contradicen a las adoptadas al comienzo.<sup>1</sup> Como consecuencia de tales confusiones y de semejantes errores en la aplicación del método científico, los astrónomos anteriores a Copérnico habían fracasado en su propósito de descubrir la forma del mundo, junto con la definida simetría de sus partes y la perennidad de sus movimientos uniformes.

El punto de partida de Copérnico es la forma esférica, porque se trata de "la figura geométrica más perfecta de todas... ya que es la forma que encierra el volumen mayor<sup>2</sup> y, también, la que tiene el máximo de simetría. Esta primacía geométrica de la esfera la extiende Copérnico, por analogía, a la física del cielo y de la Tierra, estableciendo así que el universo es esférico, que "todas sus partes separadas son otras tantas esferas, como el Sol, la Luna y los planetas... (y) que todas las cosas terrestres tienden a adquirir dicha forma esférica, tal como se observa en las gotas de agua y de otros cuerpos

<sup>1</sup> Nicolás Copérnico, *De revolutionibus*, París-Varsovia-Cracovia, Académie Polonaise des Sciences & Centre National de la Recherche Scientifique (edición facsímil del manuscrito), 1973; Edward Rosen, *Three Copernican Treatises*, New York, Columbia University Press, 1934; Nicolás Copérnico, *Revoluciones de las órbitas celestes*, México, Instituto Politécnico Nacional, 1969; cf. Carta a Paulo III.

<sup>2</sup> Copérnico, *op. cit.*, libro I, capítulo I.

líquidos”.<sup>3</sup> De esta manera, Copérnico establece una generalización universal, de la cual infiere por inducción la esfericidad de la Tierra. Y, tanto en este caso como en los otros que toca en sus reflexiones, no se contenta Copérnico con presentar sus razonamientos, sino que ofrece igualmente varias y diferentes pruebas de la redondez de la Tierra y de cómo las aguas que contiene siguen también esa misma forma, al igual que las nubes, el aire y las otras muchas cosas que se encuentran dentro de la atmósfera que la rodea, coincidiendo siempre en el mismo centro de gravedad y de figura, que es común a la Tierra entera.<sup>4</sup>

“Cuando una esfera se encuentra en movimiento siempre gira —dice Copérnico—, porque en esta acción expresa su forma, que es la más simple que toman los cuerpos, en la cual no es posible descubrir un principio ni tampoco un término.”<sup>5</sup> En la rotación de una esfera resultan indistinguibles todas sus posiciones intermedias, con respecto a la posición original y, por ende, la esfera muestra una simetría infinita y continua ante la rotación. Para Copérnico, la simetría implica la existencia de una ley de conservación, tal como se considera en la física actual. En el caso particular de la rotación de una esfera, la simetría tiene como consecuencia la conservación de su estado de movimiento uniforme. Esta ley de conservación referida al movimiento, constituye un antecedente del principio de la inercia de Galileo, adoptado después por Newton y convertido en la primera ley del movimiento de la física clásica. La expresión de la ley copernicana es la siguiente: “Todo cuerpo mantiene su estado de movimiento circular uniforme, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por la aplicación de otras fuerzas sobre dicho cuerpo.”<sup>6</sup> Copérnico complementa su ley con la explicación de que “...el movimiento circular... es siempre uniforme debido a que tiene como causa la acción de una fuerza central que es constante”.<sup>7</sup> Por lo tanto, sus divergencias con el principio galileano correspondiente son, obviamente, dos: a) la atribución de la conservación de la uniformidad al movimiento circular; y, b) la consideración de la existencia de una fuerza constante como causa del movimiento. Mientras que, de acuerdo con el principio de la inercia de Galileo, es el movimiento rectilíneo el que se conserva uniforme y tal cosa ocurre, justamente, en ausencia de fuerzas.

Ahora bien, un objeto puede cambiar de posición y, entonces, “...cada cambio de posición que se observa se puede deber al movimiento del objeto observado, al movimiento del observador, o al movimiento de ambos, por supuesto que en diferentes direcciones y sentidos. Porque, cuando el objeto observado y el observador se mueven en la misma dirección y en el mismo sentido, en tal caso no se observa movimiento alguno”.<sup>8</sup> Por otra parte, Copér-

<sup>3</sup> *Op. cit.*, libro I, capítulo I.

<sup>4</sup> *Ibid.*, libro I, capítulos III y VIII.

<sup>5</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>6</sup> O bien, parafraseando a A. S. Eddington (*The Nature of the Physical World*, Cambridge, 1928): Todo cuerpo mantiene su estado de movimiento circular uniforme, salvo cuando no sucede así.

<sup>7</sup> Copérnico, *op. cit.*, libro I, capítulo VIII.

<sup>8</sup> *Op. cit.*, libro I, capítulo V.

nico discierne claramente las complicaciones resultantes de la observación de los movimientos celestiales, con respecto a un sistema de referencia cuyo origen se encuentra situado en la Tierra. La descripción de las órbitas estelares referidas a un sistema en movimiento, no solamente es mucho más compleja, sino que hace difícil distinguir la apariencia de la realidad, porque los desplazamientos que sufre el origen se proyectan en sentido inverso en los movimientos de los otros objetos.<sup>9</sup> Esta simetría de inversión produce la impresión de que algunos astros avanzan a veces, otras se detienen, luego retroceden, para detenerse después y volver de nuevo a avanzar; además de que, en ocasiones, dichos astros se encuentran más alejados y, en otras, más cercanos al punto al cual se refieren las observaciones, que es la Tierra. De esa manera, Copérnico formula claramente la relatividad del movimiento de los planetas o astros errantes y los efectos que se producen debido a la posición móvil del sistema de referencia adoptado para describir sus movimientos.

Una vez establecidos los principios del movimiento, Copérnico procedió a dar el gran salto dialéctico, consistente en trasladar el origen del sistema de referencia de la Tierra al Sol. Naturalmente, le resultaba imposible hacer semejante traslado de manera física, por lo cual tuvo que acometer la hazaña de ejecutarlo de un modo exclusivamente teórico. Al consumir venturosamente esa proeza, Copérnico consiguió resolver el problema que se había propuesto, de formular una descripción más simple y homogénea de los movimientos estelares; misma que le era indispensable tener primero como base, para llegar a encontrar después su explicación. Y, a la vez, al ejecutar esa traslación del sistema de referencia, Copérnico inventó un procedimiento metódico que ha sido, y sigue siendo, sumamente fecundo en la física y en la matemática, para describir de una manera más simple toda clase de desplazamientos y transformaciones. Por otra parte, con dicho traslado al Sol, Copérnico fijó el origen del sistema de referencia en un punto inmóvil, con relación a las estrellas errantes, haciendo simultáneamente la transferencia a la Tierra del movimiento atribuido hasta entonces al Sol. Valiéndose de esas operaciones, Copérnico ubicó a la Tierra en el cielo, como otro planeta más.<sup>10</sup>

El sistema de referencia constituido de ese modo, fue interpretado por Copérnico como la representación del sistema del mundo, o sea, como un modelo teórico del sistema físico universal. En dicho sistema tienen cumplimiento los principios previamente establecidos por Copérnico acerca del movimiento. El universo es esférico y también tienen forma de esferas todos los cuerpos celestes: el Sol, la Luna, los planetas, las otras estrellas y la Tierra.<sup>11</sup> Los movimientos de los astros son circulares, uniformes y perennes: aunque "...debido a la multiplicidad de los círculos, son posibles muchos movimientos..."<sup>12</sup> en un mismo cuerpo celeste. El movimiento de cada uno de los astros errantes "...es circular, o está compuesto de muchos círculos, porque sus irregularidades corresponden a una ley cierta y suceden en un periodo fijo, lo

<sup>9</sup> *Ibid.*, libro I, capítulos IV, V y VIII.

<sup>10</sup> *Apud* Copérnico, libro I, capítulos V y IX.

<sup>11</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo I.

<sup>12</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

cual no podría ocurrir si no fuesen circulares sus recorridos...";<sup>13</sup> por lo demás, "...es imposible que un simple cuerpo celeste se mueva irregularmente en una sola esfera..."<sup>14</sup> En rigor, tales "movimientos regulares de los astros nos parecen irregulares",<sup>15</sup> debido a que la Tierra también se mueve y porque, además, "la Tierra no es el centro de los círculos en que giran los otros cuerpos celestes".<sup>16</sup> El centro del universo y de los movimientos celestiales es el Sol;<sup>17</sup> por lo cual resulta mucho más conveniente situar el origen del sistema de referencia en el propio Sol.

La Tierra está contenida entre sus polos y limitada por una superficie esférica. Por consiguiente, tenemos que atribuirle el movimiento circular correspondiente a su forma. Más todavía, si la Tierra posee también otros movimientos diferentes, entonces es necesario que dichos movimientos sean similares a los que aparecen exteriormente en otros muchos cuerpos celestes.<sup>18</sup> En realidad, la Tierra tiene un movimiento de rotación en torno a su eje, en el sentido de occidente a oriente, que dura un día y una noche; otro movimiento de traslación alrededor del Sol, también en el sentido de poniente a levante y que tiene un año de duración; y un tercer movimiento lentísimo de precesión de su eje de rotación, que describe una revolución entera con respecto al polo de la eclíptica, en el sentido opuesto a los anteriores, o sea, de oriente a occidente, el cual se completa en unos 260 siglos. Por su parte, la Luna es el único astro que gira en torno del centro de gravedad de la Tierra, a la vez que la esfera lunar misma es arrastrada por el movimiento de traslación terrestre alrededor del Sol y que, además, la Luna gira sobre sí misma en un periodo igual al de su movimiento en torno a la Tierra. Esos tres movimientos de la Tierra, a los cuales nos hemos referido, son suficientes para explicar las aparentes anomalías de los cielos, los desplazamientos aparentes del Sol y los movimientos aparentemente directos y retrógrados de los otros cinco planetas, lo mismo que sus aparentes detenciones.<sup>19</sup>

La extensión del universo es tal que, mientras la razón entre la distancia de la Tierra al Sol y la distancia de cualquiera otra esfera planetaria, es una magnitud considerable, en cambio, la razón entre la distancia de la Tierra al Sol y la altura del firmamento, es una magnitud inconmensurable. Así, la dimensión de la esfera de las estrellas fijas está tan fuera de medida, en comparación con la dimensión de la Tierra, que nos da la impresión de ser una magnitud infinita. Para la estimación de nuestros sentidos, la Tierra es al firmamento como un punto es a un cuerpo y como lo finito es a lo infinito. El hecho de que la gran mole que es la Tierra no sea conmensurable con la inmensidad del cielo, se puede deducir también del hecho de que los círculos limitantes, llamados *horizontes* por los griegos, son círculos máximos tal como lo es la eclíptica y, por ende, dividen la esfera celestial en dos mitades; cosa

<sup>13</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>14</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>15</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>16</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>17</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IX.

<sup>18</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IX.

<sup>19</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IX; libro III, capítulo VI.

que no podría suceder si dichas magnitudes fueran conmensurables.<sup>20</sup> Por cierto que, si la Tierra fuese realmente el centro del universo, entonces “la extensión del firmamento se dilataría hasta el infinito”,<sup>21</sup> como consecuencia de su movimiento de rotación alrededor del centro de gravedad de la Tierra. Efectivamente, en tal caso, su ciclo de veinticuatro horas tendría necesariamente que ser muy acelerado y la trayectoria recorrida a una velocidad vertiginosa, dada su magnitud; y tal que, “cuanto más fuera llevado hacia lo alto el firmamento por la fuerza (centrífuga) producida por el movimiento, tanto más rápido sería el desplazamiento, a causa de la circunferencia siempre creciente... y, a la vez, al aumentar la velocidad se incrementaría también la inmensidad del cielo. De esa manera, la velocidad haría crecer hasta el infinito a la extensión y, simultáneamente, la extensión haría aumentar infinitamente la velocidad”.<sup>22</sup> Con todo, esta demostración solamente prueba que el cielo tiene una extensión indefinida, con respecto a la Tierra; pero, hasta dónde se extiende esa inmensidad, es algo que no consta en modo alguno.

Debido a que los planetas recorren sus órbitas con un movimiento uniforme, “describen arcos iguales en tiempos iguales”,<sup>23</sup> Este es uno de los principios copernicanos del movimiento planetario. A este respecto, como el propio Copérnico considera en otra parte de su obra, que los planetas no describen un círculo perfecto, aunque la diferencia sea imperceptible,<sup>24</sup> resulta que este principio es análogo a la segunda ley de Kepler,<sup>25</sup> referida, como es sabido, a órbitas elípticas. Más aún, esta ley kepleriana es igualmente aplicable a las órbitas circulares, en cuyo caso tanto los arcos recorridos como las áreas barridas por los radios vectores, son iguales en tiempos iguales. Otro principio copernicano es el de que los planetas que se mueven en una circunferencia más pequeña, la recorren a mayor velocidad que los colocados en círculos mayores. Esta proporcionalidad inversa entre las velocidades orbitales y la magnitud de las trayectorias, se cumple efectivamente; y no solamente para los planetas conocidos por Copérnico, sino igualmente para los otros tres que fueron descubiertos después.<sup>26</sup> Un tercer principio copernicano establece la existencia de una correspondencia entre el tiempo de circunvalación y la distancia del planeta al Sol, o sea, lo cual es equivalente a considerar que el periodo de revolución es directamente proporcional a la distancia media del planeta al Sol.<sup>27</sup> Como se advierte fácilmente, este principio es enteramente

<sup>20</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo VI.

<sup>21</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo VIII.

<sup>22</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo VIII.

<sup>23</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo IV.

<sup>24</sup> *Ibid.*, libro V, capítulo IV. En realidad, las excentricidades son muy pequeñas, con excepción del caso de Mercurio (planeta conocido por Copérnico) y de Plutón (que no era conocido en esa época).

<sup>25</sup> Los radios vectores que unen un planeta con el Sol, barren áreas iguales en intervalos de tiempo iguales.

<sup>26</sup> Las velocidades orbitales, en km/seg, son: Mercurio, 47.79; Venus, 34.92; Tierra, 29.77; Marte, 24.14; Júpiter, 13.03; Saturno, 9.65; Urano, 6.78; Neptuno, 5.47; Plutón, 4.83.

<sup>27</sup> *De revolutionibus*, libro I, capítulo X.

análogo a la tercera ley de Kepler.<sup>28</sup> En efecto, si ejecutamos el cálculo, utilizando los datos determinados por Copérnico, encontramos como resultado que los cubos de las distancias medias entre Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno y el Sol, respectivamente, son iguales con gran aproximación a los cuadrados de los periodos de revolución correspondientes a los mismos planetas.

“La gravedad no es otra cosa que una propensión natural de las partes... para buscar su unidad, integrándose en la forma de una esfera. Esta propiedad es inherente también al Sol, la Luna y las estrellas erráticas; de manera que, por efecto de la gravedad, conservan la redondez con que se nos muestran, sin dejar por eso de ejecutar sus movimientos circulares de muchos modos diferentes.”<sup>29</sup> Cada uno de los cuerpos celestes tiene un centro de gravedad que es, simultáneamente, su centro de figura y, también, el centro de su movimiento rotatorio. Y, justamente porque existen muchos centros en el universo, es por lo que surgió en Copérnico la duda de que el centro de gravedad de la Tierra fuera el centro del mundo. Como ya lo hemos dicho antes, el centro de gravedad terrestre es el que mantiene su integridad y constituye el centro de atracción de todos los cuerpos graves. Y, además de ser el centro de la rotación terrestre, es igualmente el centro del circuito que recorre la Luna alrededor de la Tierra. De manera análoga, el centro de gravedad del Sol es el centro de las traslaciones de los planetas; y la fuerza de gravedad solar, por su constancia, es la causa de la regularidad de los movimientos de los planetas al recorrer sus órbitas correspondientes.

De acuerdo con los tres principios relativos a los movimientos planetarios, Copérnico estableció el orden de las esferas en el cielo. La primera y más alta de todas es la esfera de las estrellas fijas que, por ser inmóvil, es el lugar del universo al cual se puede referir el movimiento y las posiciones de todos los demás astros. Sigue Saturno, la primera de las estrellas errantes, que completa su circuito en treinta años. Después viene Júpiter, con su revolución de doce años. Luego se encuentra Marte, que hace su recorrido en dos años. El cuarto lugar corresponde a la Tierra, con su revolución anual; junto con la órbita de la Luna, que está contenida en la terrestre como un epiciclo. En quinto lugar está Venus, que circunda al Sol en nueve meses. El sexto lugar está ocupado por Mercurio, que completa su traslación en un periodo de ochenta días. Y en el centro de todos ellos, se encuentra el Sol en reposo.<sup>30</sup> De esa manera, los seis planetas se mueven entre la inmovilidad de las estrellas fijas y el Sol, también inmóvil. Por otra parte, tanto las estrellas de la esfera fija como el Sol poseen luz propia, mientras que los planetas ubicados en las seis esferas en movimiento, lo mismo que la Luna, carecen de luz, aunque son iluminadas por el resplandor del Sol y reciben igualmente el fulgor centelleante de las estrellas fijas. Tal es la admirable simetría del universo y la armoniosa ordenación existente entre las magnitudes y los movimientos de los orbes celestiales.

<sup>28</sup> Los cuadrados de los periodos de revolución de los planetas alrededor del Sol, se encuentran en la misma razón que los cubos de sus distancias medias al mismo Sol.

<sup>29</sup> *Apud* Copérnico, libro 1, capítulo IX.

<sup>30</sup> *Ibid.*, libro 1, capítulo X.

Y, todavía más, Copérnico llegó a hacer la observación, que ciertamente debe haber sido muy sugestiva para Giordano Bruno, de que la inmensa altitud de las estrellas fijas es la que nos impide percibir la órbita de su movimiento anual, o la imagen de dicho movimiento, que seguramente también tienen.<sup>31</sup>

Con la formulación detallada de la cinemática del sistema solar, Copérnico pudo prescindir de los cinco epiciclos que representaban, en la astronomía tolemaica, las revoluciones anuales de Saturno, Júpiter, Marte, Venus y Mercurio, coincidiendo con el mismo periodo del movimiento aparente del Sol alrededor de la Tierra. Al introducir la órbita terrestre, esos cinco epiciclos fueron sustituidos por un solo ciclo, ya que dicha órbita es su equivalente cinético. Con esa notable simplificación, todos los orbes planetarios quedaron reducidos a una sola dimensión y, por consiguiente, resultó posible expresar las distancias medias de todos los planetas en función de la unidad creada por Copérnico, o sea, la distancia media de la Tierra al Sol.<sup>32</sup> En la cinemática copernicana, el movimiento orbital de la Tierra se encuentra referido a dos puntos: el centro *K* del círculo idealizado de la eclíptica y el punto *S*, que es el cuasi-foco del círculo real imperfecto, que corresponde a la posición del Sol. Entonces, al explicar los movimientos de los otros planetas, Copérnico se dejó arrastrar por la supresión que hizo del epiciclo correspondiente a la órbita terrestre. Por consiguiente, valiéndose de una interpretación particular de su hipótesis acerca de que el sistema solar tiene un centro común, erigió al punto *K* de la órbita terrestre como homocentro de todas las otras órbitas planetarias, en vez de haber considerado como tal al cuasi-foco *S*, que es el Sol. Es decir, hizo coincidir los puntos *S* correspondientes a las otras cinco órbitas planetarias, con el punto *K* de la órbita terrestre, en lugar de identificarlos con el punto *S* de esta misma órbita, tal como sucede en la realidad. Como consecuencia de esta nueva hipótesis, que derivó erróneamente de su acertada hipótesis inicial, su sistema no resulta ser rigurosamente heliocéntrico, a final de cuentas, sino homocéntrico con respecto al centro de la eclíptica. Por otra parte, en la teoría copernicana todos los planos de las órbitas planetarias pasan a través del punto *K* de la órbita terrestre.<sup>33</sup> En cambio, en la concepción astronómica tolemaica, se considera que tales planos orbitales pasan a través del centro de la Tierra. Entonces, como la distancia entre los puntos *K* y *S* de la órbita terrestre es una cuadragésima parte de su radio, resulta que el error en el sistema copernicano es solamente de 2.5 % con respecto al error de Tolomeo.<sup>34</sup>

Si introducimos en la astronomía una distinción análoga a la que se acostumbra hacer en la ciencia física, entre física experimental, física teórica y

<sup>31</sup> *Ibid.*, libro I, capítulo X.

<sup>32</sup> Se trata de la *unidad astronómica*, que se utiliza hasta nuestros días para medir las distancias planetarias. Su valor es aproximadamente igual a la distancia media entre el Sol y la Tierra. Dicha unidad quedó reconocida en la primera asamblea de la Unión Astronómica Internacional, efectuada en mayo de 1922. La estimación más precisa que se ha hecho hasta la fecha, fijó su valor en  $1.49498845 \pm 0.00000250 \times 10^{11}$  metros. (H. G. Jerrard & D., B. McNell, *A Dictionary of Scientific Units*, London, Chapman & Hall, 1966, p. 20.)

<sup>33</sup> En realidad, dichos planos pasan a través del punto *S* de la órbita terrestre.

<sup>34</sup> Cf. Fred Hoyle, *Astronomy*, Garden City, N. Y., Doubleday, 1962, pp. 98-102.

física matemática, entonces tendremos, de manera correspondiente: astronomía observacional, astronomía teórica y astronomía matemática. Admitiendo tal distinción, la obra de Copérnico pertenece al dominio de la astronomía teórica y, en un sentido estricto, es la primera obra en la historia de la materia, ya que las obras anteriores eran simplemente descriptivas o enteramente especulativas. Copérnico, en cambio, logró explicar racionalmente el movimiento de los planetas en sus orbes, de acuerdo con los datos observados y, al mismo tiempo, estableció determinaciones anticipadas y predicciones acerca de otros aspectos que no consiguió explicar adecuadamente, por la falta de los conocimientos necesarios que había en su época. Por otra parte, la obra de Nicolás Copérnico no es, en definitiva, de astronomía matemática, porque no intentó hacer formulaciones estrictamente matemáticas de sus explicaciones teóricas, sin hacer referencia a las comprobaciones observacionales de los teoremas obtenidos como consecuencias. Por lo contrario, la explicación copernicana no solamente tiene una estructura geométrica y cinemática más simple y elegante que la descripción de Tolomeo, sino que, además, establece las leyes y condiciones necesarias y suficientes para inferir como consecuencia los movimientos planetarios. Y, lo que tiene todavía mayor importancia, es que la teoría copernicana concuerda mejor con los hechos observados. Sin embargo, a pesar de no haber sido propiamente un matemático, Copérnico es uno de los científicos que más ha estimulado a los matemáticos para buscar nuevas aplicaciones de su ciencia. Para elaborar su teoría, Copérnico se basó principalmente en los datos observacionales suministrados por Tolomeo, Albatenio, las *Tablas Alfonsies*, Peurbach y Regiomontano. Pero, debido a que esos datos no le eran suficientes para sus propósitos, Copérnico realizó por su propia cuenta algunas observaciones para completarlos. Con estrictez, hizo exclusivamente las observaciones que necesitaba, con gran economía de esfuerzo, no obstante lo cual consiguió resultados de una precisión extraordinaria; tal como lo prueba el hecho de que los valores obtenidos por Copérnico, en la que fue la primera estimación de las distancias relativas de las órbitas planetarias, solamente tienen divergencias comprendidas entre  $-0.028$  y  $+0.003\%$ , con respecto a los valores calculados en la actualidad, tal como se muestra en la tabla siguiente:

DISTANCIAS MEDIAS <sup>35</sup>			
<i>Planeta</i>	<i>Estimación de Copérnico</i>	<i>Cálculos actuales</i>	<i>Diferencia</i>
Mercurio	0.3763	0.3871	-0.0108
Venus	0.7193	0.7233	-0.0040
Tierra	1.0000	1.0000	0.0000
Marte	1.5198	1.5237	-0.0039
Júpiter	5.2192	5.2028	+0.0164
Saturno	9.1743	9.5388	-0.3645

<sup>35</sup> En unidades astronómicas, véase la nota 32. Cf., *De revolutionibus*, libro v, capítu-

Copérnico es el descubridor del sistema solar. Y, para conseguir la realización de esa hazaña, tuvo que irlo explicando paso a paso, valiéndose de su prodigiosa imaginación racional, puesto que no le era posible explorarlo realmente. La transposición que hizo del centro del mundo, para ubicarlo en el Sol, en vez de considerarlo en la Tierra, fue una faena que todavía nos asombra por su osadía. Se trata de algo que está en contra de las percepciones visuales, que desmiente al sentido común, que se opone a las convenciones aceptadas, que rompe con las tradiciones y que se encuentra en antagonismo radical con las creencias sostenidas como dogmas religiosos. En el tratamiento que hizo Copérnico de su concepción heliocéntrica del mundo, desarrollándola desde el nivel de una hipótesis, hasta convertirla en una teoría científica bien fundamentada racionalmente y comprobada de manera satisfactoria en las observaciones astronómicas, se encuentra contenido como un germen ya bien formado, el método de la ciencia moderna. Por otra parte, la gesta de Copérnico es análoga, en muchos sentidos, al establecimiento de la geometría no-euclidiana por parte de Nicolai I. Lobachevski. Pero con la diferencia de que la obra de Copérnico antecedió en tres siglos a la de Lobachevski, de que le sirvió directamente de inspiración al matemático ruso y de que, sobre todo, la teoría del astrónomo polaco Nicolás Copérnico no significó únicamente la transformación por ruptura de un esquema racional considerado hasta entonces como inmutable, sino que implicó un enfrentamiento directo y violento con el poder eclesástico.

Con la revolución copernicana se echaron los cimientos y se inició, a la vez, la edificación de la ciencia moderna, cuyas consecuencias se siguen desarrollando en la actualidad. Las secuelas más inmediatas y directas se encuentran en las obras de Kepler, Galileo y Newton, que forman parte integrante de la física clásica. Sus implicaciones filosóficas sirvieron de base a Giordano Bruno para formular su grandiosa concepción del universo sin privilegios de especie alguna; y constituyeron un antecedente fundamental para la hipótesis cosmológica de Kant-Laplace. Su espíritu crítico ha impregnado de una manera irreversible todas las actividades científicas. Su sentido estético y su pasión por la simetría han llegado a convertirse en principios heurísticos para la creación, la invención y la anticipación de descubrimientos en las ciencias más avanzadas, como sucede en la física de las partículas elementales, para citar un ejemplo entre los muchos que podríamos mencionar. En fin, su influencia más profunda y duradera consiste en la libertad sin restricciones, ni temores, que supo impartir al pensamiento humano.

ELI DE GORTARI

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO