

regreso, un replanteamiento de cuestiones que anteriormente aparecían como adquiridas. Y de ahí surge cierta incertidumbre en cuanto a las principales líneas de desarrollo de la filosofía de la ciencia. Un haz de posiciones y de problemas entrecruzados es el panorama de la situación real en ese campo. Pero, por lo mismo, este libro adquiere importancia. Con anterioridad, la situación era poco propicia para la consideración histórica de la disciplina, y los trabajos en ese sentido, muy escasos; por lo que el volumen de Suppe constituye un útil punto de partida. Más allá de los puntos señalados, esta segunda edición es un apto instrumento de trabajo, no sólo para el filósofo de la ciencia, sino también para los demás interesados en este conjunto de problemas, relevantes para una adecuada consideración de la investigación científica en marcha.

MARIO H. OTERO

Thomas S. Kuhn, *La revolución copernicana; la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*. Barcelona: Editorial Ariel, 1978, 378 pp. Colección: Ciencia de la Ciencia. Traducción de Domènec Bergadà. (Primera edición en inglés: 1957.)

Este libro de Kuhn es muy importante por dos razones principales. La primera es que nos ofrece, a diferencia de su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, el estudio de un caso concreto de revolución. La segunda es que éste es uno de los pocos libros de historia de la ciencia que resulta comprensible y estimulante tanto para el público especialista en este tema como para el público en general.

Kuhn expone en los dos primeros capítulos una historia de la astronomía que va de las cosmologías primitivas a Tolomeo. Esta exposición es altamente didáctica, ya que no sólo explica de manera clara las teorías en cuestión sino que también presenta los problemas básicos que buscan resolver estas teorías, por lo cual, aun una persona que no sepa nada de astronomía podrá comprender la historia de la astronomía antigua.

Una idea fundamental de Kuhn es la de que los conceptos astronómicos desde la antigüedad hasta la época moderna formaban parte de una red conceptual, la cual también estaba constituida por conceptos no-astronómicos (p. 116). Estos últimos pertenecían a otras ramas del conocimiento, como la física y la astrología, la filosofía y la teología católica. En otras palabras, para Kuhn la ciencia antigua y moderna se desarrolló como parte de una empresa intelectual más amplia (p. 10). Esta idea subyace a la tesis que Kuhn conside-

ra como la más central y original de su libro, y que consiste en la afirmación de que la revolución copérmica fue plural, o sea, que fue una revolución en astronomía, física, filosofía y religión católica (p. 9).

En los capítulos tercero y cuarto se nos muestra la conexión de los conceptos astronómicos de la Antigüedad y Edad Media con los conceptos no-astronómicos. Por una parte, la astronomía tolemeica o geocéntrica llegó a estar íntimamente asociada con la física aristotélica, porque esta física era la única teoría desarrollada que explicaba el movimiento de los astros, y también porque la teoría aristotélica del movimiento implica que la Tierra se encuentra en reposo en el centro del universo. Aunque Kuhn no lo dice, se sobreentiende que la astronomía geocéntrica estaba también relacionada con la metafísica aristotélica, en tanto que esta última fundamenta a la física aristotélica. Por otra parte, durante la Edad Media, y sobre todo en virtud de la obra de Santo Tomás de Aquino, la metafísica aristotélica, y junto con ellas la astronomía tolemeica, se unieron íntimamente con la teología católica —por ejemplo, se consideró que así como el hombre, por encontrarse en una tierra central y estática, ocupaba una posición intermedia en el universo, moralmente también tenía una posición intermedia en el sentido de que podía optar entre el bien o el mal.

Basándose en la tesis de que la astronomía geocéntrica tolemeica era parte de una empresa intelectual más amplia, Kuhn sostiene que los factores precipitantes de la revolución copérmica fueron extra-astronómicos (p. 182). Brevemente, tales factores fueron los siguientes: *a*) factores culturales, como la crítica de los teóricos del *impetus* a la cosmología aristotélica, el surgimiento del neoplatonismo y el hecho de que el Renacimiento y la Reforma fueron épocas de gran fermento cultural, y *b*) factores socio-económicos, tales como la necesidad de mejores técnicas de navegación requeridas para los grandes viajes de los siglos XV y XVI, y la necesidad de una reforma al calendario. Más concretamente, Kuhn sostiene que entre los factores desencadenantes no se encuentra ningún nuevo tipo de observación astronómica (p. 182); esta tesis es importante porque nos muestra que la concepción empirista de la ciencia, de acuerdo con la cual la ciencia se desarrolla sólo por la adquisición de nuevos datos empíricos, no es corroborada por los datos históricos. Es de notarse que esta tesis es exagerada, ya que, como el mismo Kuhn reconoce, los errores del calendario juliano, basado en la teoría tolemeica, mostraban que ésta no se adecuaba por completo a los datos observacionales (p. 174). Sin embargo, es correcta la idea de Kuhn de que sólo en un clima de fermento intelectual, esta inadecuación de la teoría tolemeica podía significar que ella requería

de una reforma radical. Ahora bien, estos factores que hemos mencionado constituyen para Kuhn factores “externos” o condiciones que hicieron posible la obra copernicana; las razones “internas” que llevaron a Copérnico a rechazar la astronomía tolomeica estaban relacionadas con errores técnicos de ésta (p. 190). El término “factores externos” puede ser confuso: parece significar factores extra-científicos que no intervienen directamente en el desarrollo teórico de una ciencia cuando son meramente los factores o condiciones extra-científicos dentro de los cuales la ciencia se desarrolla. Ésta no es la idea de Kuhn. Para él estos factores “externos” son aquellos factores extra-científicos que, en el caso de las revoluciones, pueden permitir el reconocimiento de fallas en la teoría como fallas profundas que requieren que la teoría sea revisada radicalmente. Así, por ejemplo, Kuhn sostiene que el que “Copérnico adquiriera plena conciencia de la monstruosidad [de la teoría tolomeica, monstruosidad que residía en su constante carácter confuso e impreciso] dependía en gran medida de su adhesión a la amplia corriente de opinión filosófica y científica . . . descrita en el capítulo precedente. A partir del estado general de la astronomía de la época, una persona que no hubiera tenido las inclinaciones neoplatónicas de Copérnico quizá se hubiera limitado a concluir que el problema de los planetas no podía tener una solución al mismo tiempo simple y precisa” (p. 193).

En el quinto capítulo Kuhn presenta el sistema heliocéntrico de Copérnico. Al compararlo con el sistema geocéntrico y tolomeico, encuentra que el de Copérnico no es ni más económico ni más preciso que el anterior. Concluye, por tanto, que la razón por la cual algunos astrónomos prefirieron en un principio el sistema copernicano, fue una razón estética: la explicación copernicana de las características cualitativas del movimiento planetario es más natural y simple (en tanto no requiere epiciclos mayores) que la tolomeica; en el sistema copernicano el orden y las magnitudes relativas de las órbitas quedan determinados sólo por la observación sin presupuestos extra-teóricos (pp. 230-233).

En el sexto capítulo se examinan los eventos que llevaron gradualmente a la aceptación del heliocentrismo. Entre los hechos que retrasaron la aceptación del copernicanismo están: *a*) la dificultad de aceptar que la Tierra se mueve, dificultad basada tanto en el sentido común como en la aceptación muy generalizada del aristotelismo; *b*) el hecho de que la Iglesia católica pasaba por una época de crisis (Reforma y Contrarreforma), por lo que tendía a imponer una lectura literal de las Escrituras Sagradas (en las cuales se sostiene explícitamente que la Tierra no se mueve), y un conformismo con la comprensión tradicional del drama moral de la vida cristiana (de tal modo que, por ejemplo, el sostener que la Tierra se mueve,

es decir, que es un planeta más, implicaba que la idea tradicional de la Tierra como el asiento de la iniquidad de la cual el hombre quiere escapar hacia la pureza divina de los cielos, es falsa). Estos hechos son importantes porque muestran, como Kuhn nota, que las implicaciones extra-científicas fueron parte integral del desarrollo del copernicanismo. Por otra parte, los factores que influyeron en la aceptación del copernicanismo fueron principalmente tres: *a*) el reconocimiento por parte de algunos astrónomos de la superioridad del sistema copernicano en relación con los cálculos astronómicos; *b*) el desarrollo del heliocentrismo en manos de Kepler, el cual logró resolver el problema de los planetas, y *c*) el uso que Galileo le dio a las nuevas observaciones astronómicas, obtenidas por medio del telescopio, en favor del copernicanismo.

Para Kuhn, la revolución copernicana no fue sólo una revolución en astronomía, sino que fue una revolución más amplia que incluía a otros campos de la ciencia —a saber, la física— y a campos no-científicos —la filosofía y la religión. Más concretamente, Kuhn considera que la revolución copernicana tuvo su inicio con el desarrollo de una teoría heliocéntrica en manos de Copérnico y culminó con la obra físico-astronómica de Newton (pp. 169, 242, 295). Como vimos anteriormente, la astronomía geocéntrica era parte de una red conceptual más amplia, por lo cual, el surgimiento de una astronomía heliocéntrica requirió cambios en la física, en la filosofía y en la religión, para que el sistema cognoscitivo fuese de nuevo coherente, cambios que culminaron con la obra de Newton.

En el séptimo capítulo sostiene que el cambio fundamental en la física consistió en la instauración del principio de inercia y la ley de fuerza gravitacional. Con esto, fue posible dar una explicación unitaria de un universo que contiene a una tierra en movimiento. En verdad, nos dice Kuhn, la revolución copernicana se cierra con Newton, ya que el rompimiento de la dicotomía terrestre-celeste (dicotomía que era una tesis muy central del aristotelismo), que comenzó con la tesis copernicana de que la Tierra es un planeta u objeto celeste más, fue total con el desarrollo de la teoría newtoniana. Por lo que respecta a la filosofía o cosmología, ésta también sufrió grandes cambios, ya que la metafísica aristotélica fue sustituida por una metafísica atomista o corpuscularia. Finalmente, la aceptación del heliocentrismo y una física compatible con él (esto es, una física inercial), trajo consigo cambios en la concepción de Dios: dejó de ser el ente que vela constantemente por este universo y pasó a ser meramente el creador de un universo-máquina, o sea, de un universo autosuficiente.

Una de las tesis de Kuhn, que ha tenido mayor resonancia en la

filosofía de la ciencia, es la de que la ciencia se desarrolla por medio de revoluciones. En el libro que reseñamos, Kuhn sostiene que las revoluciones se dan gradualmente: "Las mayores conmociones en los conceptos fundamentales de la ciencia se producen de forma gradual. Puede darse el caso de que la obra de un sólo individuo desempeñe un papel preeminente en una revolución conceptual. Si así sucede, alcanza preeminencia ya sea porque, como en el *De revolutionibus* [el libro de Copérnico], inicia la revolución por medio de una pequeña innovación que plantea nuevos problemas a un campo de conocimiento científico, o porque, como en los *Principia* de Newton, culmina un cambio revolucionario al efectuar una síntesis de los conceptos precedentes de un conjunto de trabajos diversos" (p. 242). La idea que Kuhn desarrolla es la de que un cambio científico revolucionario no se da de manera inmediata, por la sustitución de una tradición científica por otra completamente nueva, sino que se da gradualmente, es decir, dentro de una tradición se van generando cambios radicales en los conceptos, los problemas y los métodos, hasta que, en cierto momento, estos cambios son integrados dentro de una nueva tradición. Veamos algunos ejemplos. Kuhn nos dice que el *De revolutionibus* tiene una naturaleza dual (p. 186), ya que a la vez que toma una serie de problemas, conceptos y técnicas de la astronomía tolemeica también contiene una innovación —a saber, la afirmación de que la Tierra es un planeta— que es la fuente de una nueva tradición. También nos dice Kuhn que la obra de Galileo y la de Newton pueden considerarse, al menos parcialmente, como una organización de intuiciones anteriores desarticuladas. Una de estas intuiciones estaba dada por la teoría del *ímpetus*, desarrollada en el siglo XIV por los integrantes de la escuela de París, y según la cual, el movimiento, a menos que sea resistido, perdura (idea que es retomada, aunque especificada de modo distinto, en el principio de inercia); esta misma teoría ofrecía también la intuición de que la cantidad de movimiento se mide por el momentum (i.e. cantidad de materia por velocidad). Estos ejemplos sugieren que la revolución se da gradualmente, en el sentido de que las discontinuidades durante el periodo revolucionario se dan a través de continuidades, esto es, la afirmación de que la Tierra es un planeta se da dentro y como parte de la tradición tolemeica.

Ahora bien, considero que la idea de que las revoluciones ocurren gradualmente, gracias a discontinuidades que surgen dentro de tradiciones continuas, y que Kuhn esboza en *La revolución copérmica*, no es del todo compatible con la idea de revolución que Kuhn desarrolla en *La estructura de las revoluciones científicas* (México: Fondo de Cultura Económica, 1975; primera edición en inglés: 1962). En este texto, Kuhn sostiene que la actividad cien-

tífica se desarrolla en base a paradigmas. Un paradigma (o matriz disciplinaria) está constituido por generalizaciones simbólicas (o leyes), afirmaciones metafísicas, valores y ejemplares (pp. 279-286). Las revoluciones, nos dice, son "episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible" (p. 149). Kuhn, frente a la larga tradición continuista en filosofía de la ciencia, quiere afirmar que la ciencia se desarroll de manera discontinua. Por ello, afirma que el antiguo paradigma y el nuevo que lo reemplaza no sólo son incompatibles —esto es, si uno es verdadero, entonces, el otro es falso— sino, más aún, inconmensurables. Son inconmensurables en el sentido de que no se pueden comparar, ya que apuntan a distintos problemas y a distintos tipos de solución. Kuhn concibe de manera tan drástica la inconmensurabilidad que sostiene que, aun cuando el nuevo paradigma incorpore algunos elementos conceptuales y manipulativos del viejo paradigma, éstos adquieren un nuevo significado ya que están relacionados entre sí y con los nuevos elementos de manera distinta (p. 231).

Considero que la tesis de Kuhn, acerca de la inconmensurabilidad de los paradigmas, es sumamente drástica, ya que impide concebir las líneas de continuidad que se dan entre los paradigmas durante una revolución. Hemos visto anteriormente que, en *La revolución copernicana*, Kuhn da una serie de ejemplos de continuidad entre los varios paradigmas. Destaquemos de nuevo algunos. Copérnico es parte de la tradición tolemeica, ya que intenta resolver el problema de los planetas guiándose por el axioma platónico —el cual dice que el movimiento de los cuerpos celestes es circular y uniforme. Newton, según los estudios de I. B. Cohen ("*Quantum in se est*": Newton's concept of inertia in relation to Descartes and Lucretius". *Notes and Records of the Royal Society of London*, Vol. 19, no. 2, 1964), tomó de Descartes el principio de inercia. Ahora bien, si en verdad los paradigmas fuesen inconmensurables, no podríamos decir que Copérnico continúa en la tradición tolemeica, ya que tendríamos que sostener que dado que el axioma platónico se aplica también a la Tierra en el sistema copernicano, no tiene el mismo significado que tiene en el sistema tolemeico —lo cual es un absurdo, ya que el axioma platónico es independiente de aquellas consideraciones que nos llevan a creer que son ciertos cuerpos celestes los que se mueven. Igualmente, de acuerdo con la tesis de la inconmensurabilidad, tendríamos que decir que Newton no tomó de Descartes el principio de inercia, ya que ambos tenían un principio de fuerza distinto; sin embargo, el principio de inercia sólo afirma que un cuerpo mantiene su estado de reposo o de movimiento uniforme y rectilíneo a menos que una causa externa lo cambie, y no afirma

cómo ha de concebirse esta causa externa ni qué sea lo que ésta cambie —elementos que son especificados por un “principio de fuerza”.

La tesis de la inconmensurabilidad, que Kuhn sostiene en *La estructura de las revoluciones científicas*, parece ser más plausible si se aplica a paradigmas bien desarrollados y que son los que guían la investigación durante periodos de ciencia normal —así, por ejemplo, si comparamos los paradigmas aristotélico-tolomeico y newtoniano, éstos resultarán inconmensurables. Sin embargo, la tesis de la inconmensurabilidad, como vimos anteriormente, no parece ser aplicable a los diversos paradigmas que se desarrollan durante una época revolucionaria. En verdad, en *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn no parece haber construido los elementos teóricos que nos permitan entender el desarrollo de la ciencia durante un periodo revolucionario. Por otra parte, en *La revolución copernicana*, que es ante todo un ensayo histórico, Kuhn nos presenta una serie de datos históricos, pero no teoriza sobre ellos, en el sentido de sacar conclusiones para una filosofía de la ciencia que intente conceptualizar el desarrollo científico intrarrevolucionario.

En *La revolución copernicana*, nos presenta también otro tipo de datos que nos permite cuestionar una tesis central de *La estructura de las revoluciones científicas*. En *La estructura*, Kuhn sostiene que hay cambios de paradigmas y que ellos constituyen una revolución científica. En *La revolución copernicana*, Kuhn sostiene que hacia fines del siglo XIV la dinámica del *impetus* había reemplazado a la dinámica aristotélica (p. 167). Él no parece considerar que este reemplazo haya constituido un cambio revolucionario, ya que nunca lo describe como tal, y, además, no es difícil ver cómo esta teoría, aunque distinta a la aristotélica, es de inspiración aristotélica. Si ponemos en relación esta información con la tesis central de *La estructura de las revoluciones científicas* surgen dos cuestiones. La primera es una especificación sobre su idea de ciencia: el desarrollo de la ciencia se caracteriza por una serie de cambios que pueden ser revolucionarios o no-revolucionarios. La segunda apunta a una insuficiencia fundamental en la concepción kuhniana de revolución: ¿cuál es el o los criterios que nos permiten distinguir un cambio revolucionario de un cambio no-revolucionario?

Según lo indica el título de su libro, *La revolución copernicana*, para Kuhn la gran revolución en la Edad Moderna tuvo su origen en la obra de Copérnico. Como sabemos, esta revolución fue en astronomía y física. Por tanto, sostener que esta revolución fue copernicana significa que los cambios que sufrió la física se debieron a que ésta intentó adecuarse a los cambios de la astronomía. Así pues, Kuhn sostiene que uno de los problemas de origen copernicano que jugaron un papel esencial en el desarrollo de la física

inercial, fue el de tratar de explicar cómo es que los cuerpos pesados caen en el mismo lugar del que fueron arrojados en una Tierra en movimiento (p. 322).

Esta tesis de Kuhn —la revolución en la Edad Moderna fue copernicana— ha sido criticada por varios autores. Por ejemplo, Shapere considera que la revolución en física no se puede concebir como originada por un cambio en la astronomía, ya que no hay ninguna evidencia fuerte para considerar que Galileo, uno de los grandes padres de la física inercial, hubiese desarrollado su mecánica (al menos antes de 1610) con el fin de darle a la astronomía heliocéntrica una base física (Dudley Shapere, *Galileo. A Philosophical Study*, Chicago and London: the University of Chicago Press, 1974, p. 14). Por otra parte, Pierre Duhem, a principios de siglo, sostuvo la importante y controvertida tesis de que la verdadera revolución científica ocurrió en el siglo XIV. Más concretamente, Duhem argumentó que Galileo no es más que el heredero de la tradición del siglo XIV, o sea, de la teoría del *impetus*. Él consideró que esta tradición es esencialmente distinta a la aristotélica y muy similar en sus elementos fundamentales a la física inercial. Por ello, concluyó que la revolución científica ocurrió en el siglo XIV. Esta tesis implica que la revolución científica no fue básica u originalmente una revolución en astronomía —i.e. no fue copernicana— sino que fue una revolución en física que, a su vez, permitió la revolución en astronomía ya que hizo posible pensar en una tierra en movimiento (es interesante recordar, aquí, que Copérnico usó la teoría del *impetus* para explicar cómo es posible que los fenómenos físicos que observamos en la tierra puedan ocurrir en una tierra en movimiento: cf. el quinto capítulo de *La revolución copernicana*).

ELIA NATHAN BRAVO