



Thomas S. Kuhn

La revolución copernicana

La astronomía planetaria en el desarrollo
del pensamiento occidental

La presente obra muestra que la revolución copernicana no ha perdido su valor en la actualidad. Por tratarse de un acontecimiento en el desarrollo de la actividad intelectual, en el que se pone de manifiesto que la solución de un problema científico puede producir un cambio radical en las actitudes y formas de pensamiento de la humanidad, el análisis de los procesos intelectuales que constituyen la base de dicha revolución nos permite alcanzar una nueva perspectiva en nuestra era científica, para valorar de un modo más inteligente nuestras propias creencias, los fundamentos de nuestra metodología y, en general, todo lo que afecta a la creatividad humana. Thomas S. Kuhn, cuya obra *La estructura de las revoluciones científicas* ha marcado un hito de gran trascendencia en la filosofía de la ciencia actual, expone en su *revolución copernicana* el contenido y significado de este hecho, no sólo como un episodio interno de la astronomía, sino como un punto de partida de la crisis del pensamiento occidental y de la transformación del concepto del hombre y de su relación con el universo.

*A L. K. Nash,
agradeciéndole su intensa colaboración*

PREFACIO

No es la primera vez que se emprende el estudio de la revolución copernicana, pero nunca, por cuanto se me alcanza, con idéntico enfoque y objetivos que los que presiden la presente obra. Aunque la palabra revolución es aquí un nombre singular, el acontecimiento fue plural. En su núcleo constituyó una transformación de la astronomía matemática, aunque implicó también cambios conceptuales en los terrenos de la cosmología, física, filosofía y religión. Tales aspectos particulares de la revolución han sido examinados repetidas veces, y sin los resultados expuestos en los correspondientes estudios nunca habría podido ser escrito este libro. La pluralidad de la revolución copernicana desborda la competencia de cualquier erudito aislado que decida trabajar sobre las fuentes originales. Tanto los estudios especializados como los trabajos elementales en ellos inspirados no aciertan a hacer resaltar la más esencial y fascinante de sus características, precisamente la que emerge de la propia pluralidad de la revolución.

A causa de la indicada pluralidad de ámbitos de influencia, la revolución copernicana ofrece una oportunidad ideal para descubrir cómo y con qué consecuencias los conceptos pertenecientes a diversos campos del conocimiento se entremezclan íntimamente para formar un solo cañamazo. El propio Copérnico era un especialista en astronomía matemática que intentaba corregir las esotéricas técnicas empleadas hasta entonces para calcular las tablas de posiciones planetarias. Sin embargo, la dirección de su investiga-

ción se vio a menudo determinada por desarrollos absolutamente ajenos a la astronomía. Entre ellos cabe destacar los cambios acaecidos a lo largo de la Edad Media en lo que respecta al análisis de la caída de las piedras; el nuevo despertar durante el Renacimiento de una antigua filosofía mística que consideraba el sol como la imagen de Dios y los viajes a través del Atlántico, que dilataron los horizontes geográficos del hombre renacentista. Con posterioridad a la aparición de la obra de Copérnico, aparecen lazos de unión todavía más robustos entre los diferentes campos del saber. A pesar de que el *De revolutionibus* consiste básicamente en un conjunto de fórmulas matemáticas, tablas y diagramas, sólo podía ser asimilado plenamente por hombres capaces de crear una nueva física, una nueva concepción del espacio y una nueva idea de la relación del hombre con Dios. Tales lazos interdisciplinarios creativos juegan diversos y variados papeles en el ámbito de la revolución copernicana. Es imposible efectuar análisis parciales del problema, tanto en lo que se refiere a objetivos como en lo relativo a métodos, para examinar la naturaleza de tales vínculos y sus repercusiones sobre el desarrollo del conocimiento humano.

Así pues, nuestra descripción de la revolución copernicana persigue descubrir la significación de su carácter pluralista, y probablemente sea ésta la más importante novedad que ofrece el presente texto. Sin embargo, el objetivo perseguido ha hecho necesaria una segunda innovación. Este libro viola constantemente las fronteras institucionalizadas que separan a los lectores de "ciencia" de los de "historia" o "filosofía". A veces puede parecer tratarse de dos libros, uno de contenido científico y otro relacionado con la historia de las ideas.

Con todo, la combinación de ciencia e historia de las ideas es esencial para captar en su pleno significado la pluralidad estructural de la revolución copernicana. La astronomía fue el núcleo de dicha revolución. No es posible com-

prender su naturaleza, su cronología y sus orígenes sin un profundo conocimiento previo de los conceptos y datos que constituyeron los útiles de trabajo de los astrónomos planetarios. Las observaciones y teorías astronómicas son, pues, los componentes "científicos" esenciales que predominan en mis dos primeros capítulos y que no dejan de aparecer a lo largo de toda la obra. Sin embargo, dicho material no constituye en modo alguno la totalidad del tema abordado. La astronomía planetaria nunca ha sido un campo de investigación absolutamente aislado, con sus propios e inmutables criterios de precisión, adecuación y verificación. Los astrónomos estaban preparados en otros campos del conocimiento científico, a la vez que se hallaban inmersos en el seno de diversos sistemas filosóficos y religiosos. Un buen número de sus creencias extra-astronómicas desempeñaron un papel fundamental, en primera instancia, difiriendo y, más tarde, modelando la revolución copernicana. Estas creencias de carácter no astronómico constituyen el objeto de la "historia intelectual" que desarrollo a lo largo de la presente obra y, a partir del segundo capítulo, corren paralelas al componente científico de la misma. Dado el propósito de este libro, ambos aspectos son idénticamente fundamentales.

Por otro lado, no estoy seguro de que ambos componentes sean realmente distintos. Si exceptuamos algunas raras monografías, la combinación de la historia de las ideas con la de la ciencia es infrecuente. A primera vista podría, pues, parecer incongruente. Sin embargo, no puede existir tal incongruencia intrínseca. Los conceptos científicos son ideas, y como tales forman parte de la historia intelectual. Raramente han sido tratados bajo este punto de vista, aunque sólo porque son muy pocos los historiadores con la formación técnica necesaria para trabajar sobre los materiales científicos originales. Por mi parte, estoy plenamente convencido de que las técnicas desarrolladas por los historiadores de las ideas pueden proporcionar un tipo de

comprensión de los problemas que no podrá llegarle a la ciencia por ningún otro camino. Si bien hasta el momento ninguna obra de carácter elemental parece acudir en apoyo de dicha tesis, espero que el presente texto proporcione, como mínimo, una evidencia preliminar.

De hecho ya ha proporcionado alguna. Este libro tiene su origen en una serie de conferencias pronunciadas cada año y desde 1949 en uno de los cursos de formación científica general de la Universidad de Harvard, y la combinación de elementos técnicos con otros pertenecientes al campo de la historia de las ideas ha alcanzado pleno éxito. Dado que quienes han seguido tales cursos no tenían intención de proseguir sus estudios en el campo de las ciencias naturales, los elementos técnicos y las teorías que se les han enseñado desempeñaban para ellos la función primordial de ejemplos antes que de informaciones con una utilidad intrínseca. Además, si bien los datos técnicos son esenciales, sólo comenzaron a adquirir su plena significación al ser enmarcados en su correspondiente cuadro histórico o filosófico, cuando arrojaron luz sobre el modo en que progresa la ciencia a lo largo de su camino, la naturaleza de la autoridad científica y la forma en que la ciencia afecta a la vida del hombre. Así pues, una vez colocado en este marco de referencia, el sistema copernicano, como cualquier otra teoría científica, adquiere relevancia y suscita el interés de un auditorio infinitamente más amplio que el constituido por los científicos o los estudiantes. Si bien mi intención al escribirlo fue ante todo proporcionar una lectura suplementaria a los alumnos de los cursos de Harvard, el presente libro, que no es uno de texto, también está dirigido al lector en general.

Muchos han sido los amigos y colegas que con sus valiosas advertencias y críticas han colaborado en la creación de este libro, pero ninguno de ellos dejó tan profunda huella como el embajador James B. Conant. Fue él quien me persuadió, mientras trabajaba a su lado, de que el estudio

de la historia de la ciencia podía proporcionar un nuevo tipo de comprensión acerca de la estructura y función de la investigación científica. Sin mi propia revolución copernicana, que Conant engendró, el presente libro y mis otros ensayos sobre historia de la ciencia nunca habrían sido escritos.

Mr. Conant ha tenido a bien leer también el manuscrito de la presente obra, cuyos capítulos iniciales muestran varias huellas de sus productivas críticas. También debo expresar mi reconocimiento a Marie Boas, I. B. Cohen, M. P. Gilmore, Roger Hahn, G. J. Holton, E. C. Kemble, P. E. LeCorbellier, L. K. Nash y F. G. Watson por sus utilísimas sugerencias. Cada uno de ellos ha puesto su talento crítico al servicio de la lectura de, al menos, un capítulo de la presente obra; varios de ellos han leído el manuscrito completo de una primera versión, y todos me han salvado de errores y ambigüedades. La supervisión por parte de Mason Hammond y Mortimer Chambers de mis ocasionales traducciones de textos latinos ha proporcionado a éstas una precisión de la que, de otro modo, carecerían. Arnolfo Ferruolo fue el primero en darme a conocer el *De sole* de Ficino y mostrarme que la actitud de Copérnico hacia el sol forma parte integral de la tradición renacentista, generalmente más manifiesta en la literatura y las artes que en el campo de las ciencias.

Las ilustraciones muestran la destreza, aunque difícilmente la paciencia, con la que Miss Polly Horan ha interpretado una y otra vez mis vagas indicaciones y las ha transformado en símbolos aclaratorios del contexto. J. D. Eider y el equipo directivo de la Harvard University Press me han prestado su constante y simpatizante guía en la ardua tarea de pasar a máquina un manuscrito que no se ajustaba ni a las reglas de una publicación científica ni a las de un texto histórico. El índice se debe a la inteligencia y a la paciente labor desplegadas por W. J. Charles.

La generosidad conjuntamente mostrada por la Harvard University y la John Simon Guggenheim Memorial Foundation me ha permitido disponer del año preciso para preparar la mayor parte del manuscrito al dispensarme de mis otras obligaciones académicas. También estoy en deuda de gratitud con la University of California, por la pequeña beca que permitió dar una última revisión a la obra y a las pruebas de imprenta.

Mi esposa ha sido una activa colaboradora a través de toda la gestación de la obra, aunque esta colaboración sea la menor de sus contribuciones a la misma. Los hijos del ingenio, en particular los de los demás, son los miembros más desmandados de todo hogar. Sin su continuada tolerancia y ascendiente, éste nunca habría logrado sobrevivir.

T. S. K.

Berkeley, California
Noviembre 1956

PRÓLOGO

En la parte de Europa situada más acá del telón de acero sigue prevaleciendo una educación de tipo literario. Una persona culta es aquella que domina varios idiomas y posee buenos conocimientos sobre arte y literatura europeos. Cuando hablo de buenos conocimientos, no quiero referirme con tal expresión a un dominio académico de los clásicos antiguos y modernos o a la posesión de un aguzado juicio crítico sobre cuestiones de estilo o forma. Me refiero, más bien, a un tipo de conocimiento que pueda ser empleado sin esfuerzo en el marco de una conversación en sociedad. Una educación basada y circunscrita a una tradición literaria posee ventajas claras: la distinción entre el 5 o el 10% de la población que ha recibido este tipo de educación y los demás se evidencia casi automáticamente al entablar conversación. Existe un cómodo sentido de solidaridad entre quienes disfrutan realmente con el arte, la literatura y la música. Para quienes se sienten obligados a participar en una discusión sobre tales temas, la capacidad de maniobra queda convenientemente delimitada por sus estudios generales; no representa demasiado esfuerzo mantener frescos en la memoria parte de los conocimientos tan penosamente adquiridos en la escuela. El precio para ser admitido en el seno de la tradición cultural de cualquier país europeo se paga de una vez por todas en los años de juventud. Teóricamente, este precio son ocho o nueve años en escuelas especiales cuyos *curricula* tienen por centro la lengua y literatura greco-romanas. He dicho teóricamente,

pues en la práctica durante este último siglo el estudio de las lenguas modernas ha invadido el territorio anteriormente reservado al estudio del griego y, en buena parte, también el consagrado al latín. No obstante, estos cambios no han alterado en lo fundamental las bases de la educación, pues el resultado sigue siendo largos años de trabajo escolar dedicados al estudio de las lenguas y literaturas europeas.

Desde hace al menos un siglo se han emprendido ataques intermitentes contra este tipo de educación. Las demandas para que las ciencias físicas adquieran mayor preponderancia en el *curriculum* han ido en aumento, por lo general asociadas a la petición de que se sustituyan las lenguas clásicas por las modernas. Raramente ha sido puesta en entredicho la función de las matemáticas, aceptándose de forma generalizada su inclusión a un nivel bastante completo, incluyendo el cálculo, en todos los planes de estudio preparatorios para la entrada en la universidad. Hace ya bastantes años se sugirió como bien perfilada alternativa al *curriculum* clásico un plan de estudios basado en la física, la química, las matemáticas y las lenguas modernas. Sin embargo, los defensores de la educación clásica siguen siendo fuertes y efectivos. Cuando menos, en Alemania el resultado del debate parece haber sido una serie de compromisos y concesiones mutuas, aunque por razón de la creciente importancia otorgada al estudio de los idiomas, no es exagerado afirmar que la que sigue dominando es la tradición literaria. Incluso en aquellas escuelas en que la mayor parte del tiempo está dedicado al estudio de las disciplinas científicas sería incorrecto decir que la tradición científica ha reemplazado a la literaria. Se podría decir más bien que, en mayor o menor grado, los estudiantes alemanes que ingresan en la universidad poseen una considerable información sobre las ciencias físicas. Pero lo que sigue siendo, como mínimo, una cuestión abierta es si tales conocimientos afectarán en lo sucesivo la actitud de quienes no prosigan una

carrera de carácter científico. Parece preocupar muy poco o nada el que los no científicos puedan adquirir una mejor comprensión de la ciencia con el cambio de los métodos educativos. De hecho, no deberá extrañarnos que quienes hayan seguido una educación primariamente literaria sigan preguntándose si la ciencia puede interesar a quien no sea científico o ingeniero.

En los Estados Unidos la tradición literaria europea como base educativa desapareció, o mejor dicho, se transformó más allá de todo posible reconocimiento hace casi unos cien años. Pero no se ha visto sustituida por una educación cimentada en el estudio de las ciencias físicas, las matemáticas y los idiomas modernos. Algunos quizá se sientan inclinados a afirmar que no se ha producido sustitución alguna. Sea como fuere, lo cierto es que han existido repetidos intentos para proporcionar una amplia base a la vida cultural de la nación, amplia por cuanto incluye desde las ciencias físicas, biológicas y sociales hasta la tradición literaria anglosajona, pasando por una preocupación por las formas artísticas procedentes de varias civilizaciones. Si tales intentos, encaminados a producir el futuro ciudadano de una democracia que participe entusiásticamente en el desarrollo cultural de la nación, han creado en América un medio ambiente suficientemente alimenticio para la vida del espíritu, es un problema a discutir. Lo que no puede negarse es que, con contadas excepciones, los responsables de dichos intentos se han esforzado por conceder a la tradición científica una digna ubicación.

Sin embargo, la experiencia ha mostrado, tanto en los Estados Unidos como en las modernas escuelas europeas, cuán difícil es situar en pie de igualdad el estudio de la ciencia con el de materias como la literatura, el arte o la música. Un científico o un ingeniero pueden ser capaces de participar con plena entrega en una discusión sobre cuadros, libros u obras de teatro, pero es muy difícil mantener una conversación sobre física si la mayoría de los partici-

pantes no son científicos o ingenieros. (Y aunque debería ser el primero en negar que la facilidad de conversación sea un índice de educación, no hay duda de que lo escuchado en una conversación social puede ser un permisible método de diagnóstico.)

Es evidente que la ciencia y la literatura no dejan el mismo tipo de poso en la mente del estudiante. La química de los metales y el teatro de Shakespeare son dos tipos completamente diferentes de conocimiento por lo que se refiere a las necesidades de todo ser humano. Desde luego no es necesario tomar un ejemplo de las ciencias naturales; en la frase anterior puede sustituirse perfectamente "química de los metales" por "gramática latina". Expresado en términos simplísimos, la diferencia reside en el hecho de que el teatro de Shakespeare ha sido y sigue siendo el objeto de interminables debates en los que se ha criticado desde todo ángulo concebible el estilo y los personajes y constantemente han llegado hasta nosotros palabras de admiración o censura para los mismos. Por otro lado, nadie admira o desaprueba los metales o el comportamiento de sus sales.

No; para preparar al hombre educado para aceptar la tradición científica como compañera de la literaria, latente todavía incluso en la cultura de los Estados Unidos, es necesario algo más que estudiar la ciencia como un cuerpo organizado de conocimientos, algo más que una simple comprensión de las teorías científicas. Y ello en razón de que las dificultades para asimilar la ciencia dentro de la cultura occidental han ido creciendo con el paso de los siglos. Cuando en la época de Luis XIV se formaron las primeras academias científicas, los nuevos descubrimientos y teorías en el campo científico estaban al alcance de las gentes educadas con mucha mayor facilidad que hoy en día; dicha situación permanece hasta finalizadas las guerras napoleónicas. A comienzos del siglo XIX sir Humphrey Davy fascinaba a la sociedad londinense con sus lecciones de química,

ilustradas con espectaculares experimentos. Cincuenta años más tarde, Michael Faraday deleitaba a jóvenes y viejos con sus charlas pronunciadas en el auditorio de la Royal Institution de Londres; sus conferencias sobre la química de la luz constituyen ejemplos clásicos de popularización científica. En nuestra propia época no han faltado intentos dentro de líneas similares; pero los obstáculos a vencer han crecido con los años. Conferencias y espectaculares experimentos han dejado de asombrar y satisfacer a sofisticadas audiencias como antaño; la moderna ingeniería los supera casi a diario. Las novedades científicas que aparecen en un año son demasiado numerosas y alambicadas para constituir un tema de conversación entre los profanos. Los adelantos se efectúan con tanta rapidez y en tan variados frentes que el profano se siente aturdido; además, para comprender el significado de una innovación científica es necesario conocer a fondo el estado de la ciencia en cuestión antes de dicha innovación. Incluso para aquellos que dominan una rama de la ciencia es difícil comprender hacia dónde se encaminan los trabajos en un campo ajeno al suyo. Por ejemplo, los físicos difícilmente están en condiciones de leer comunicaciones, incluso esquemáticas, escritas por un genetista para otros geneticistas, y viceversa. Para el amplio grupo de gente con instrucción científica y técnica que desea estar al día en los progresos de la ciencia en general hay algunas excelentes publicaciones periódicas y, de vez en cuando, aparecen libros de gran utilidad al respecto. No obstante, tengo serias dudas de que este esfuerzo por popularizar la ciencia alcance a quienes no se hallan directamente vinculados con las ciencias físicas o biológicas o con sus aplicaciones. Además, algunos intentos de popularización son tan superficiales y sensacionalistas que carecen de todo valor como material adecuado para proporcionar una base para la comprensión de la ciencia al lego en la materia.

En los últimos diez o quince años se ha ido incrementando en las escuelas norteamericanas la preocupación por el lugar destinado en el *curriculum* a las ciencias físicas y biológicas. Los clásicos cursos introductorios de física, química y biología han sido considerados por muchos como escasamente satisfactorios para los estudiantes que no pretenden seguir un posterior estudio intensivo de la ciencia, la ingeniería o la medicina. Varias son las propuestas lanzadas y diversos los experimentos puestos en marcha para encontrar nuevos tipos de cursos científicos que puedan formar parte de un programa general de educación o de un programa de humanidades. En particular, se ha recomendado un mayor énfasis en el estudio de la historia de la ciencia, propuesta a la que me he adherido con entusiasmo. En el momento presente, la experiencia efectuada en el Harvard College sobre un determinado tipo de enfoque histórico ha incrementado mi convicción en las posibilidades inherentes al estudio de la historia de la ciencia, particularmente si se combina con un análisis de los varios métodos por los que ésta ha progresado. Aun reconociendo el valor educativo de una visión de conjunto sobre la historia de la ciencia en los últimos 300 años, creo que puede obtenerse un mayor beneficio a través de un estudio intensivo de ciertos episodios particulares en el desarrollo de la física, la química o la biología. Esta convicción se ha materializado a través de una serie de folletos titulada "Harvard Case Histories in Experimental Science".

Los casos considerados en dicha serie están relativamente poco restringidos tanto desde el punto de vista cronológico como del problema abordado. El objetivo de los mismos ha sido desarrollar en el estudiante una cierta comprensión de la interrelación entre teoría y experimento y de la complicada cadena de razonamientos que conecta la verificación de una hipótesis con los resultados experimentales obtenidos. Con tales objetivos, la base de cada uno de los casos la constituye un texto científico original y se invita