



LA
ESTRUCTURA
DE LAS
REVOLUCIONES
CIENTIFICAS
T. S. KUHN

^c_f BREVIARIOS
Fondo de Cultura Económica

I. INTRODUCCIÓN: UN PAPEL PARA LA HISTORIA

Si SE CONSIDERA a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia. Esa imagen fue trazada previamente, incluso por los mismos científicos, sobre todo a partir del estudio de los logros científicos llevados a cabo, que se encuentran en las lecturas clásicas y, más recientemente, en los libros de texto con los que cada una de las nuevas generaciones de científicos aprende a practicar su profesión. Sin embargo, es inevitable que la finalidad de esos libros sea persuasiva y pedagógica; un concepto de la ciencia que se obtenga de ellos no tendrá más probabilidades de ajustarse al ideal que los produjo, que la imagen que pueda obtenerse de una cultura nacional mediante un folleto turístico o un texto para el aprendizaje del idioma. En este ensayo tratamos de mostrar que hemos sido mal conducidos por ellos en aspectos fundamentales. Su finalidad es trazar un bosquejo del concepto absolutamente diferente de la ciencia que puede surgir de los registros históricos de la actividad de investigación misma.

Sin embargo, incluso a partir de la historia, ese nuevo concepto no surgiría si continuáramos buscando y estudiando los datos históricos con el único fin de responder a las preguntas planteadas por el estereotipo no histórico que procede de los libros de texto científicos. Por ejemplo, esos libros de texto dan con frecuencia la sensación de implicar que el contenido de la ciencia está ejemplificado solamente mediante las obser-

vaciones, leyes y teorías que se describen en sus páginas. De manera casi igual de regular, los mismos libros se interpretan como si dijeran que los métodos científicos son simplemente los ilustrados por las técnicas de manipulación utilizadas en la reunión de datos para el texto, junto con las operaciones lógicas empleadas para relacionar esos datos con las generalizaciones teóricas del libro de texto en cuestión. El resultado ha sido un concepto de la ciencia con profundas implicaciones sobre su naturaleza y su desarrollo.

Si la ciencia es la constelación de hechos, teorías y métodos reunidos en los libros de texto actuales, entonces los científicos son hombres que, obteniendo o no buenos resultados, se han esforzado en contribuir con alguno que otro elemento a esa constelación particular. El desarrollo científico se convierte en el proceso gradual mediante el que esos conceptos han sido añadidos, solos y en combinación, al caudal creciente de la técnica y de los conocimientos científicos, y la historia de la ciencia se convierte en una disciplina que relata y registra esos incrementos sucesivos y los obstáculos que han inhibido su acumulación. Al interesarse por el desarrollo científico, el historiador parece entonces tener dos tareas principales. Por una parte, debe determinar por qué hombre y en qué momento fue descubierto o inventado cada hecho, ley o teoría científica contemporánea. Por otra, debe describir y explicar el conjunto de errores, mitos y supersticiones que impidieron una acumulación más rápida de los componentes del caudal científico moderno. Muchas investigaciones han sido encaminadas hacia estos fines y todavía hay algunas que lo son.

Sin embargo, durante los últimos años, unos cuantos historiadores de la ciencia han descubrier-

to que les es cada vez más difícil desempeñar las funciones que el concepto del desarrollo por acumulación les asigna. Como narradores de un proceso en incremento, descubren que las investigaciones adicionales hacen que resulte más difícil, no más sencillo, el responder a preguntas tales como: ¿Cuándo se descubrió el oxígeno? ¿Quién concibió primeramente la conservación de la energía? Cada vez más, unos cuantos de ellos comienzan a sospechar que constituye un error el plantear ese tipo de preguntas. Quizá la ciencia no se desarrolla por medio de la acumulación de descubrimientos e inventos individuales. Simultáneamente, esos mismos historiadores se enfrentan a dificultades cada vez mayores para distinguir el componente "científico" de las observaciones pasadas, y las creencias de lo que sus predecesores se apresuraron a tachar de "error" o "superstición". Cuanto más cuidadosamente estudian, por ejemplo, la dinámica aristotélica, la química flogística o la termodinámica calórica, tanto más seguros se sienten de que esas antiguas visiones corrientes de la naturaleza, en conjunto, no son ni menos científicos, ni más el producto de la idiosincrasia humana, que las actuales. Si esas creencias anticuadas deben denominarse mitos, entonces éstos se pueden producir por medio de los mismos tipos de métodos y ser respaldados por los mismos tipos de razones que conducen, en la actualidad, al conocimiento científico. Por otra parte, si debemos considerarlos como ciencia, entonces ésta habrá incluido conjuntos de creencias absolutamente incompatibles con las que tenemos en la actualidad. Entre esas posibilidades, el historiador debe escoger la última de ellas. En principio, las teorías anticuadas no dejan de ser científicas por el hecho de que hayan sido descartadas. Sin embargo, dicha op-

ción hace difícil poder considerar el desarrollo científico como un proceso de acumulación. La investigación histórica misma que muestra las dificultades para aislar inventos y descubrimientos individuales proporciona bases para abrigar dudas profundas sobre el proceso de acumulación, por medio del que se creía que habían surgido esas contribuciones individuales a la ciencia.

El resultado de todas estas dudas y dificultades es una revolución historiográfica en el estudio de la ciencia, aunque una revolución que se encuentra todavía en sus primeras etapas. Gradualmente, y a menudo sin darse cuenta cabal de que lo están haciendo así, algunos historiadores de las ciencias han comenzado a plantear nuevos tipos de preguntas y a trazar líneas diferentes de desarrollo para las ciencias que, frecuentemente, nada tienen de acumulativas. En lugar de buscar las contribuciones permanentes de una ciencia más antigua a nuestro caudal de conocimientos, tratan de poner de manifiesto la integridad histórica de esa ciencia en su propia época. Por ejemplo, no se hacen preguntas respecto a la relación de las opiniones de Galileo con las de la ciencia moderna, sino, más bien, sobre la relación existente entre sus opiniones y las de su grupo, o sea: sus maestros, contemporáneos y sucesores inmediatos en las ciencias. Además, insisten en estudiar las opiniones de ese grupo y de otros similares, desde el punto de vista —a menudo muy diferente del de la ciencia moderna— que concede a esas opiniones la máxima coherencia interna y el ajuste más estrecho posible con la naturaleza. Vista a través de las obras resultantes, que, quizá, estén mejor representadas en los escritos de Alexandre Koyré, la ciencia no parece en absoluto la misma empresa discu-

tida por los escritores pertenecientes a la antigua tradición historiográfica. Por implicación al menos, esos estudios históricos sugieren la posibilidad de una imagen nueva de la ciencia. En este ensayo vamos a tratar de trazar esa imagen, estableciendo explícitamente algunas de las nuevas implicaciones historiográficas.

¿Qué aspecto de la ciencia será el más destacado durante ese esfuerzo? El primero, al menos en orden de presentación, es el de la insuficiencia de las directrices metodológicas, para dictar, por sí mismas, una conclusión substantiva única a muchos tipos de preguntas científicas. Si se le dan instrucciones para que examine fenómenos eléctricos o químicos, el hombre que no tiene conocimientos en esos campos, pero que sabe qué es ser científico, puede llegar, de manera legítima, a cualquiera de una serie de conclusiones incompatibles. Entre esas posibilidades aceptables, las conclusiones particulares a que llegue estarán determinadas, probablemente, por su experiencia anterior en otros campos, por los accidentes de su investigación y por su propia preparación individual. ¿Qué creencias sobre las estrellas, por ejemplo, trae al estudio de la química o la electricidad? ¿Cuál de los muchos experimentos concebibles apropiados al nuevo campo elige para llevarlo a cabo antes que los demás? ¿Y qué aspectos del fenómeno complejo que resulta le parecen particularmente importantes para elucidar la naturaleza del cambio químico o de la afinidad eléctrica? Para el individuo al menos, y a veces también para la comunidad científica, las respuestas a preguntas tales como éstos son, frecuentemente, determinantes esenciales del desarrollo científico. Debemos notar, por ejemplo, en la Sección II, que las primeras etapas de desarrollo de la mayoría de las

ciencias se han caracterizado por una competencia continua entre una serie de concepciones distintas de la naturaleza, cada una de las cuales se derivaba parcialmente de la observación y del método científicos y, hasta cierto punto, todas eran compatibles con ellos. Lo que diferenciaba a esas escuelas no era uno u otro error de método —todos eran "científicos"— sino lo que llegaremos a denominar sus modos inconmensurables de ver el mundo y de practicar en él las ciencias. La observación y la experiencia pueden y deben limitar drásticamente la gama de las creencias científicas admisibles o, de lo contrario, no habría ciencia. Pero, por sí solas, no pueden determinar un cuerpo particular de tales creencias. Un elemento aparentemente arbitrario, compuesto de incidentes personales e históricos, es siempre uno de los ingredientes de formación de las creencias sostenidas por una comunidad científica dada en un momento determinado.

Sin embargo, este elemento arbitrario no indica que cualquier grupo científico podría practicar su profesión sin un conjunto dado de creencias recibidas. Ni hace que sea menos importante la constelación particular que profese efectivamente el grupo, en un momento dado. La investigación efectiva apenas comienza antes de que una comunidad científica crea haber encontrado respuestas firmes a preguntas tales como las siguientes: ¿Cuáles son las entidades fundamentales de que se compone el Universo? ¿Cómo interactúan esas entidades, unas con otras y con los sentidos? ¿Qué preguntas pueden plantearse legítimamente sobre esas entidades y qué técnicas pueden emplearse para buscar las soluciones? Al menos en las ciencias maduras, las respuestas (o substitutos completos de ellas) a preguntas como éstas se encuentran enclavadas firmemente en la

iniciación educativa que prepara y da licencia a los estudiantes para la práctica profesional. Debido a que esta educación es tanto rigurosa como rígida, esas respuestas llegan a ejercer una influencia profunda sobre la mentalidad científica. El que puedan hacerlo, justifica en gran parte tanto la eficiencia peculiar de la actividad investigadora normal como la de la dirección que siga ésta en cualquier momento dado. Finalmente, cuando examinemos la ciencia normal en las Secciones III, IV y V, nos gustaría describir esta investigación como una tentativa tenaz y ferviente de obligar a la naturaleza a entrar en los cuadros conceptuales proporcionados por la educación profesional. Al mismo tiempo, podemos preguntarnos si la investigación podría llevarse a cabo sin esos cuadros, sea cual fuere el elemento de arbitrariedad que forme parte de sus orígenes históricos y, a veces, de su desarrollo subsiguiente.

Sin embargo, ese elemento de arbitrariedad se encuentra presente y tiene también un efecto importante en el desarrollo científico, que examinaremos detalladamente en las Secciones VI, VII y VIII. La ciencia normal, la actividad en que, inevitablemente, la mayoría de los científicos consumen casi todo su tiempo, se predica suponiendo que la comunidad científica sabe cómo es el mundo. Gran parte del éxito de la empresa se debe a que la comunidad se encuentra dispuesta a defender esa suposición, si es necesario a un costo elevado. Por ejemplo, la ciencia normal suprime frecuentemente innovaciones fundamentales, debido a que resultan necesariamente subversivas para sus compromisos básicos. Sin embargo, en tanto esos compromisos conservan un elemento de arbitrariedad, la naturaleza misma de la investigación normal asegura que la

innovación no será suprimida durante mucho tiempo. A veces, un problema normal, que debería resolverse por medio de reglas y procedimientos conocidos, opone resistencia a los esfuerzos reiterados de los miembros más capaces del grupo dentro de cuya competencia entra. Otras veces, una pieza de equipo, diseñada y construida para fines de investigación normal, no da los resultados esperados, revelando una anomalía que, a pesar de los esfuerzos repetidos, no responde a las esperanzas profesionales. En esas y en otras formas, la ciencia normal se extravía repetidamente. Y cuando lo hace —o sea, cuando la profesión no puede pasar por alto ya las anomalías que subvierten la tradición existente de prácticas científicas— se inician las investigaciones extraordinarias que conducen por fin a la profesión a un nuevo conjunto de compromisos, una base nueva para la práctica de la ciencia. Los episodios extraordinarios en que tienen lugar esos cambios de compromisos profesionales son los que se denominan en este ensayo revoluciones científicas. Son los complementos que rompen la tradición a la que está ligada la actividad de la ciencia normal.

Los ejemplos más evidentes de revoluciones científicas son los episodios famosos del desarrollo científico que, con frecuencia, han sido llamados anteriormente revoluciones. Por consiguiente, en las Secciones IX y X, donde examinaremos directamente, por primera vez, la naturaleza de las revoluciones científicas, nos ocuparemos repetidas veces de los principales puntos de viraje del desarrollo científico, asociados a los nombres de Copérnico, Newton, Lavoisier y Einstein. De manera más clara que la mayoría de los demás episodios de la historia de, al menos, las ciencias físicas, éstos muestran lo que significan todas

las revoluciones científicas. Cada una de ellas necesitaba el rechazo, por parte de la comunidad, de una teoría científica antes reconocida, para adoptar otra incompatible con ella. Cada una de ellas producía un cambio consiguiente en los problemas disponibles para el análisis científico y en las normas por las que la profesión determinaba qué debería considerarse como problema admisible o como solución legítima de un problema. Y cada una de ellas transformaba la imaginación científica en modos que, eventualmente, deberemos describir como una transformación del mundo en que se llevaba a cabo el trabajo científico. Esos cambios, junto con las controversias que los acompañan casi siempre, son las características que definen las revoluciones científicas.

Esas características surgen, con una claridad particular, por ejemplo, de un estudio de la revolución de Newton o de la de la química. Sin embargo, es tesis fundamental de este ensayo que también podemos encontrarlas por medio del estudio de muchos otros episodios que no fueron tan evidentemente revolucionarios. Para el grupo profesional, mucho más reducido, que fue afectado por ellas, las ecuaciones de Maxwell fueron tan revolucionarias como las de Einstein y encontraron una resistencia concordante. La invención de otras nuevas teorías provoca, de manera regular y apropiada, la misma respuesta por parte de algunos de los especialistas cuyo especial campo de competencia infringen. Para esos hombres, la nueva teoría implica un cambio en las reglas que regían la práctica anterior de la ciencia normal. Por consiguiente, se refleja inevitablemente en gran parte del trabajo científico que ya han realizado con éxito. Es por esto por lo que una nueva teoría, por especial que sea su gama

de aplicación, raramente, o nunca, constituye sólo un incremento de lo que ya se conoce. Su asimilación requiere la reconstrucción de teoría anterior y la reevaluación de hechos anteriores; un proceso intrínsecamente revolucionario, que es raro que pueda llevar a cabo por completo un hombre solo y que nunca tiene lugar de la noche a la mañana. No es extraño que los historiadores hayan tenido dificultades para atribuir fechas precisas a este proceso amplio que su vocabulario les impele a considerar como un suceso aislado.

Las nuevas invenciones de teorías no son tampoco los únicos sucesos científicos que tienen un efecto revolucionario sobre los especialistas en cuyo campo tienen lugar. Los principios que rigen la ciencia normal no sólo especifican qué tipos de entidades contiene el Universo, sino también, por implicación, los que no contiene. De ello se desprende, aunque este punto puede requerir una exposición amplia, que un descubrimiento como el del oxígeno o el de los rayos X no se limita a añadir un concepto nuevo a la población del mundo de los científicos. Tendrá ese efecto en última instancia, pero no antes de que la comunidad profesional haya reevaluado los procedimientos experimentales tradicionales, alterado su concepto de las entidades con las que ha estado familiarizada durante largo tiempo y, en el curso del proceso, modificado el sistema teórico por medio del que se ocupa del mundo. Los hechos y las teorías científicas no son categóricamente separables, excepto quizá dentro de una tradición única de una práctica científica normal. Por eso el descubrimiento inesperado no es simplemente real en su importancia y por eso el mundo científico es transformado desde el punto de vista cualitativo y enriquecido cuanti-

tativamente por las novedades fundamentales aportadas por hecho o teoría.

Esta concepción amplia de la naturaleza de las revoluciones científicas es la que delineamos en las páginas siguientes. Desde luego, la extensión deforma el uso habitual. Sin embargo, continuaré hablando incluso de los descubrimientos como revolucionarios, porque es precisamente la posibilidad de relacionar su estructura con la de, por ejemplo, la revolución de Copérnico, lo que hace que la concepción amplia me parezca tan importante. La exposición anterior indica cómo van a desarrollarse las nociones complementarias de la ciencia normal y de las revoluciones científicas, en las nueve secciones que siguen inmediatamente. El resto del ensayo trata de vérselas con tres cuestiones centrales que quedan. La Sección XI, al examinar la tradición del libro de texto, pondera por qué han sido tan difíciles de comprender anteriormente las revoluciones científicas. La Sección XII describe la competencia revolucionaria entre los partidarios de la antigua tradición científica normal y los de la nueva. Así, examina el proceso que, en cierto modo, debe reemplazar, en una teoría de la investigación científica, a los procedimientos de confirmación o denegación que resultan familiares a causa de nuestra imagen usual de la ciencia. La competencia entre fracciones de la comunidad científica es el único proceso histórico que da como resultado, en realidad, el rechazo de una teoría previamente aceptada o la adopción de otra. Finalmente, en la Sección XIII, planteamos la pregunta de cómo el desarrollo por medio de las revoluciones puede ser compatible con el carácter aparentemente único del progreso científico. Sin embargo, para esta pregunta, el ensayo sólo proporcionará los trazos generales de una respuesta, que depende

de las características de la comunidad científica y que requiere mucha exploración y estudio complementarios.

Indudablemente, algunos lectores se habrán preguntado ya si el estudio histórico puede efectuar el tipo de transformación conceptual hacia el que tendemos en esta obra. Se encuentra disponible todo un arsenal de dicotomías, que sugieren que ello no puede tener lugar de manera apropiada. Con demasiada frecuencia, decimos que la historia es una disciplina puramente descriptiva. Sin embargo, las tesis que hemos sugerido son, a menudo, interpretativas y, a veces, normativas. Además, muchas de mis generalizaciones se refieren a la sociología o a la psicología social de los científicos; sin embargo, al menos unas cuantas de mis conclusiones, corresponden tradicionalmente a la lógica o a la epistemología. En el párrafo precedente puede parecer incluso que he violado la distinción contemporánea, muy influyente, entre "el contexto del descubrimiento" y "el contexto de la justificación". ¿Puede indicar algo, sino una profunda confusión, esta mezcla de campos e intereses diversos?

Habiendo estado intelectualmente formado en esas distinciones y otras similares, difícilmente podría resultarme más evidente su importancia y su fuerza. Durante muchos años las consideré casi como la naturaleza del conocimiento y creo todavía que, reformuladas de manera apropiada, tienen algo importante que comunicarnos. Sin embargo, mis tentativas para aplicarlas, incluso *grosso modo*, a las situaciones reales en que se obtienen, se aceptan y se asimilan los conocimientos, han hecho que parezcan extraordinariamente problemáticas. En lugar de ser distinciones lógicas o metodológicas elementales que, por ello, serían anteriores al análisis del conocimien-

to científico, parecen ser, actualmente, partes integrantes de un conjunto tradicional de respuestas substantivas a las preguntas mismas sobre las que han sido desplegadas. Esta circularidad no las invalida en absoluto, sino que las convierte en partes de una teoría y, al hacerlo, las sujeta al mismo escrutinio aplicado regularmente a las teorías en otros campos. Para que su contenido sea algo más que pura abstracción, ese contenido deberá descubrirse, observándolas en su aplicación a los datos que se supone que deben elucidar. ¿Cómo podría dejar de ser la historia de la ciencia una fuente de fenómenos a los que puede pedirse legítimamente que se apliquen las teorías sobre el conocimiento?