

La estructura de las revoluciones científicas

por

THOMAS S. KUHN

Primera edición en inglés,	1962
Primera edición en español (FCE, México),	1971
Quinta reimpresión (FCE Argentina),	1996

Título original:
The structure of scientific revolutions
© 1962, University of Chicago Press

D.R. © 1971 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA S.A. DE C.V.
Av. Picacho Ajusco 227; 14 200 México D.F.
D.R. © 1988, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA DE ARGENTINA S.A.
Suipacha 617; 1008 Buenos Aires



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
MEXICO

ISBN: 950-557-113-5

Impreso en Argentina
Hecho el depósito que previene la ley 11.723

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 descubier-

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 feraciente 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?

II. EL CAMINO HACIA LA CIENCIA NORMAL

EN ESTE ensayo, 'ciencia normal' significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior. En la actualidad, esas realizaciones son relatadas, aunque raramente en su forma original, por los libros de texto científicos, tanto elementales como avanzados. Esos libros de texto exponen el cuerpo de la teoría aceptada, ilustran muchas o todas sus aplicaciones apropiadas y comparan éstas con experimentos y observaciones de condición ejemplar. Antes de que esos libros se popularizaran, a comienzos del siglo XIX (e incluso en tiempos más recientes, en las ciencias que han madurado últimamente), muchos de los libros clásicos famosos de ciencia desempeñaban una función similar. La *Física* de Aristóteles, el *Almagesto* de Tolomeo, los *Principios* y la *Óptica* de Newton, la *Electricidad* de Franklin, la *Química* de Lavoisier y la *Geología* de Lyell —estas y muchas otras obras sirvieron implícitamente, durante cierto tiempo, para definir los problemas y métodos legítimos de un campo de la investigación para generaciones sucesivas de científicos. Estaban en condiciones de hacerlo así, debido a que compartían dos características esenciales. Su logro carecía suficientemente de precedentes como para haber podido atraer a un grupo duradero de partidarios, alejándolos de los aspectos de competencia de la actividad científica. Simultáneamente, eran lo bastante incompletas para dejar muchos problemas para ser resueltos por el redelimitado grupo de científicos.

Voy a llamar, de ahora en adelante, a las realizaciones que comparten esas dos características, 'paradigmas', término que se relaciona estrechamente con 'ciencia normal'. Al elegirlo, deseo sugerir que algunos ejemplos aceptados de la práctica científica real —ejemplos que incluyen, al mismo tiempo, ley, teoría, aplicación e instrumentación— proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particularmente coherentes de investigación científica. Ésas son las tradiciones que describen los historiadores bajo rubros tales como: 'astronomía tolemaica' (o 'de Copérnico'), 'dinámica aristotélica' (o 'newtoniana'), 'óptica corpuscular' (u 'óptica de las ondas'), etc. El estudio de los paradigmas, incluyendo muchos de los enumerados antes como ilustración, es lo que prepara principalmente al estudiante para entrar a formar parte como miembro de la comunidad científica particular con la que trabajará más tarde. Debido a que se reúne con hombres que aprenden las bases de su campo científico a partir de los mismos modelos concretos, su práctica subsiguiente raramente despertará desacuerdos sobre los fundamentos claramente expresados. Los hombres cuya investigación se basa en paradigmas compartidos están sujetos a las mismas reglas y normas para la práctica científica. Este compromiso y el consentimiento aparente que provoca son requisitos previos para la ciencia normal, es decir, para la génesis y la continuación de una tradición particular de la investigación científica.

Debido a que en este ensayo el concepto de paradigma reemplazará frecuentemente a diversas nociones familiares, será preciso añadir algo más respecto a su introducción. ¿Por qué la realización científica concreta, como foco de entrega profesional, es anterior a los diversos conceptos, le-

yés, teorías y puntos de vista que pueden abstraerse de ella? ¿En qué sentido es el paradigma compartido una unidad fundamental para el estudio del desarrollo científico, una unidad que no puede reducirse plenamente a componentes atómicos lógicos que pudieran aplicarse en su ayuda? Cuando las encontremos en la Sección V, las respuestas a esas preguntas y a otras similares resultarán básicas para la comprensión tanto de la ciencia normal como del concepto asociado de los paradigmas. Sin embargo, esa discusión más abstracta dependerá de una exposición previa de ejemplos de la ciencia normal o de los paradigmas en acción. En particular, aclaremos esos dos conceptos relacionados, haciendo notar que puede haber cierto tipo de investigación científica sin paradigmas o, al menos, sin los del tipo tan inequívoco y estrecho como los citados con anterioridad. La adquisición de un paradigma y del tipo más esotérico de investigación que dicho paradigma permite es un signo de madurez en el desarrollo de cualquier campo científico dado.

Si el historiador sigue la pista en el tiempo al conocimiento científico de cualquier grupo seleccionado de fenómenos relacionados, tendrá probabilidades de encontrarse con alguna variante menor de un patrón que ilustramos aquí a partir de la historia de la óptica física. Los libros de texto de física, en la actualidad, indican al estudiante que la luz es fotones, es decir, entidades mecánico-cuánticas que muestran ciertas características de ondas y otras de partículas. La investigación se lleva a cabo de acuerdo con ello o, más bien, según la caracterización más elaborada y matemática de la que se deriva esa verbalización usual. Sin embargo, esta caracterización de la luz tiene, apenas, medio siglo de antigüedad.

Antes de que fuera desarrollada por Planck, Einstein y otros, a comienzos de este siglo, los textos de física indicaban que la luz era un movimiento ondulante transversal, concepción fundada en un paradigma, derivado, en última instancia, de los escritos sobre óptica de Young y Fresnel, a comienzos del siglo XIX. Tampoco fue la teoría de las ondas la primera adoptada por casi todos los profesionales de la ciencia óptica. Durante el siglo XVIII, el paradigma para ese campo fue proporcionado por la *Óptica* de Newton, que enseñaba que la luz era corpúsculos de materia. En aquella época, los físicos buscaron pruebas, lo cual no hicieron los primeros partidarios de la teoría de las ondas, de la presión ejercida por las partículas lumínicas al chocar con cuerpos sólidos.¹

Estas transformaciones de los paradigmas de la óptica física son revoluciones científicas y la transición sucesiva de un paradigma a otro por medio de una revolución es el patrón usual de desarrollo de una ciencia madura. Sin embargo, no es el patrón característico del periodo anterior a la obra de Newton, y tal es el contraste, que nos interesa en este caso. No hubo ningún periodo, desde la antigüedad más remota hasta fines del siglo XVII, en que existiera una opinión única generalmente aceptada sobre la naturaleza de la luz. En lugar de ello, había numerosas escuelas y subescuelas competidoras, la mayoría de las cuales aceptaban una u otra variante de la teoría epicúrea, aristotélica o platónica. Uno de los grupos consideraba que la luz estaba compuesta de partículas que emanan de cuerpos materiales; para otro, era una modifi-

¹ *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours* (Londres, 1772), pp. 385-90, de Joseph Priestley.

cación del medio existente entre el objeto y el ojo; todavía otro explicaba la luz en términos de una interacción entre el medio y una emanación del ojo; además, había otras combinaciones y modificaciones. Cada una de las escuelas correspondientes tomaba fuerza de su relación con alguna metafísica particular y todas realizaban, como observaciones paradigmáticas, el conjunto particular de fenómenos ópticos que mejor podía explicar su propia teoría. Otras observaciones eran resueltas por medio de elaboraciones *ad hoc* o permanecían como problemas al margen para una investigación posterior.²

En varias épocas, todas esas escuelas llevaron a cabo contribuciones importantes al cuerpo de conceptos, fenómenos y técnicas del que sacó Newton el primer paradigma casi uniformemente aceptado para la óptica física. Cualquier definición del científico que excluya al menos a los miembros más creadores de esas diversas escuelas, excluirá asimismo a sus sucesores modernos. Esos hombres eran científicos. Sin embargo, cualquiera que examine una investigación de la óptica física anterior a Newton, puede llegar fácilmente a la conclusión de que, aunque los profesionales de ese campo eran científicos, el resultado neto de su actividad era algo que no llegaba a ser ciencia. Al tener la posibilidad de no dar por sentado ningún caudal común de creencias, cada escritor de óptica física se sentía obligado a construir su propio campo completamente, desde los cimientos. Al hacerlo así, su elección de observaciones y de experimentos que lo sostuvieran era relativamente libre, debido a que no existía ningún conjunto ordinario de métodos o fenómenos que cada escritor sobre la óptica se

² *Histoire de la lumière*, de Vasco Ronchi, traducción de Jean Taton (París, 1956), capítulos I-IV.

sintiera obligado a emplear y explicar. En esas circunstancias, el diálogo de los libros resultantes frecuentemente iba dirigido tanto a los miembros de otras escuelas como a la naturaleza. Este patrón no es desconocido, en la actualidad, en numerosos campos creadores, ni es incompatible con descubrimientos e inventos importantes. Sin embargo, no es el patrón de desarrollo que adquirió la óptica física después de Newton y que, hoy en día, reconocen otras ciencias naturales.

La historia de la investigación eléctrica durante la primera mitad del siglo XVIII proporciona un ejemplo más concreto y mejor conocido del modo como se desarrolla una ciencia, antes de que cuente con su primer paradigma universalmente aceptado. Durante ese periodo había casi tantas opiniones sobre la naturaleza de la electricidad como experimentadores importantes, hombres como Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollett, Watson, Franklin y otros. Todos sus numerosos conceptos sobre la electricidad tenían algo en común: se derivaban, parcialmente, de una u otra versión de la filosofía mecánico-corpúscular que guiaba todas las investigaciones científicas de aquellos tiempos. Además, todos eran componentes de teorías científicas reales, que en parte habían sido obtenidas, por medio de experimentos y observaciones, y que determinaron parcialmente la elección y la interpretación de problemas adicionales a los que se enfrentaban las investigaciones. No obstante, aunque todos los experimentos eran eléctricos y la mayoría de los experimentadores leían las obras de los demás, sus teorías no tenían sino un mero aire de familia.³

³ *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb*, de Duane Roller y Duane H. D. Roller ("Harvard Case Histories in Expe-

Un grupo temprano de teorías, seguidoras de la práctica del siglo XVII, consideraban la atracción y la generación friccional como el fenómeno eléctrico fundamental. Este grupo tenía tendencia a considerar la repulsión como un efecto secundario debido a alguna clase de rebote mecánico y, asimismo, a aplazar cuanto fuera posible tanto la discusión como la investigación sistemática del recién descubierto efecto de Gray, la conducción eléctrica. Otros "electricistas" (el término es de ellos mismos) consideraron la atracción y la repulsión como manifestaciones igualmente elementales de la electricidad y modificaron en consecuencia sus teorías e investigaciones. (En realidad, este grupo es notablemente pequeño: ni siquiera la teoría de Franklin justificó nunca completamente la repulsión mutua de dos cuerpos cargados negativamente). Pero tuvieron tanta dificultad como el primer grupo para explicar simultáneamente cualesquiera efectos que no fueran los más simples de la conducción. Sin embargo, esos efectos proporcionaron el punto de partida para un tercer grupo, que tenía tendencia a considerar a la electricidad como un "fluido" que podía circular a través de conductores, en

Experimental Science", Caso 8; Cambridge, Mass., 1954); y *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Filadelfia, 1956), de I. B. Cohen, capítulos VII-XII. Algunos de los detalles analíticos del párrafo que sigue en el texto debo agradecerlos a mi alumno John L. Heilbron, puesto que los tomé de un trabajo suyo, todavía no publicado. Pendiente de publicación, un informe en cierto modo más extenso y preciso del surgimiento del paradigma de Franklin va incluido en la obra de T. S. Kuhn, "The Function of Dogma in Scientific Research", en A. C. Crombie (red.), "Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9-15, 1961", que será publicada por Heinemann Educational Books, Ltd.

lugar de un "efluvio" que emanaba de los no conductores. Este grupo, a su vez, tenía dificultades para reconciliar su teoría con numerosos efectos de atracción y repulsión. Sólo por medio de los trabajos de Franklin y de sus seguidores inmediatos surgió una teoría que podía explicar, casi con la misma facilidad, casi todos esos efectos y que, por consiguiente, podía proporcionar y proporcionó a una generación subsiguiente de "electricistas" un paradigma común para sus investigaciones.

Excluyendo los campos, tales como las matemáticas y la astronomía, en los que los primeros paradigmas firmes datan de la prehistoria, y también los que, como la bioquímica, surgieron por la división o la combinación de especialidades ya maduras, las situaciones mencionadas antes son típicas desde el punto de vista histórico. Aunque ello significa que debo continuar empleando la simplificación desafortunada que marca un episodio histórico amplio con un nombre único y en cierto modo escogido arbitrariamente (*v.gr.*, Newton o Franklin), sugiero que desacuerdos fundamentales similares caracterizaron, por ejemplo, al estudio del movimiento antes de Aristóteles, de la estática antes de Arquímedes, del calor antes de Black, de la química antes de Boyle y Boerhaave y de la geología histórica antes de Hutton. En ciertas partes de la biología —por ejemplo, el estudio de la herencia— los primeros paradigmas universalmente aceptados son todavía más recientes; y queda todavía en pie la pregunta de qué partes de las ciencias sociales han adquirido ya tales paradigmas. La historia muestra que el camino hacia un consenso firme de investigación es muy arduo.

Sin embargo, la historia sugiere también ciertas razones que explican el porqué de las dificul-

tades encontradas. A falta de un paradigma o de algún candidato a paradigma, todos los hechos que pudieran ser pertinentes para el desarrollo de una ciencia dada tienen probabilidades de parecer igualmente importantes. Como resultado de ello, la primera reunión de hechos es una actividad mucho más fortuita que la que resulta familiar, después del desarrollo científico subsiguiente. Además, a falta de una razón para buscar alguna forma particular de información más recóndita, la primera reunión de hechos y datos queda limitada habitualmente al caudal de datos de que se dispone. El instrumental resultante de hechos contiene los accesibles a la observación y la experimentación casual, junto con algunos de los datos más esotéricos procedentes de artesanías establecidas, tales como la medicina, la confección de calendarios y la metalurgia. Debido a que las artesanías son una fuente accesible de hechos que fortuitamente no podrían descubrirse, la tecnología ha desempeñado frecuentemente un papel vital en el surgimiento de nuevas ciencias.

Pero, aunque este tipo de reunión de datos ha sido esencial para el origen de muchas ciencias importantes, cualquiera que examine, por ejemplo, los escritos enciclopédicos de Plinio o las historias naturales baconianas del siglo XVII, descubrirá que el producto es un marasmo. En cierto modo, uno duda en llamar científica a la literatura resultante. Las "historias" baconianas sobre el calor, el color, el viento, la minería, etc., están llenas de informes, algunos de ellos recónditos. Pero yuxtaponen hechos que más tarde resultarán reveladores (por ejemplo, el calentamiento por mezcla), junto con otros (*v.gr.*, el calor de los montones de estiércol) que durante cierto tiempo continuarán siendo demasiado complejos como para poder integrarlos en una teoría

bien definida.⁴ Además, puesto que cualquier descripción debe ser parcial, la historia natural típica con frecuencia omite, de sus informes sumamente circunstanciados, precisamente aquellos detalles que científicos posteriores considerarán como fuentes importantes de informes esclarecedores. Por ejemplo, casi ninguna de las primeras "historias" de la electricidad, menciona que las granzas, atraídas a una varilla de vidrio frotada, son despedidas nuevamente. Ese efecto parecía mecánico, no eléctrico.⁵ Además, puesto que quien reúne datos casuales raramente posee el tiempo o la preparación para ser crítico, las historias naturales yuxtaponen, a menudo, descripciones como las anteriores con otras como, por ejemplo, el calentamiento por antiperistasis (o por enfriamiento), que en la actualidad nos sentimos absolutamente incapaces de confirmar.⁶ Sólo de vez en cuando, como en los casos de la estática, la dinámica y la óptica geométrica antiguas, los hechos reunidos con tan poca guía de una teoría preestablecida hablan con suficiente claridad como para permitir el surgimiento de un primer paradigma.

Esta es la situación que crea las escuelas características de las primeras etapas del desarrollo

⁴ Compárese el bosquejo de una historia natural del calor en *Novum Organum*, de Bacon, vol. VIII de *The Works of Francis Bacon*, ed. J. Spedding. R. L. Ellis y D. D. Heath (Nueva York, 1869), pp. 179-203.

⁵ Roller y Roller, *op. cit.*, pp. 14, 22, 28, 43. Sólo después del trabajo registrado en la última de esas citas obtuvieron los efectos repulsivos el reconocimiento general como inequívocamente eléctricos.

⁶ Bacon, *op. cit.*, pp. 235, 337, dice: "El agua ligeramente tibia es más fácil de congelar que la que se encuentra completamente fría." Para un informe parcial de la primera historia de esta extraña observación, véase Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (Nueva York, 1941), capítulo IV.

de una ciencia. No puede interpretarse ninguna historia natural sin, al menos, cierto caudal implícito de creencias metodológicas y teóricas entrelazadas, que permite la selección, la evaluación y la crítica. Si este caudal de creencias no se encuentra ya implícito en la colección de hechos —en cuyo caso tendremos a mano algo más que "hechos simples"— deberá ser proporcionado del exterior, quizá por una metafísica corriente, por otra ciencia o por incidentes personales o históricos. Por consiguiente, no es extraño que, en las primeras etapas del desarrollo de cualquier ciencia, diferentes hombres, ante la misma gama de fenómenos —pero, habitualmente, no los mismos fenómenos particulares— los describan y los interpreten de modos diferentes. Lo que es sorprendente, y quizá también único en este grado en los campos que llamamos ciencia, es que esas divergencias iniciales puedan llegar a desaparecer en gran parte alguna vez.

Pero desaparecen hasta un punto muy considerable y, aparentemente, de una vez por todas. Además, su desaparición es causada, habitualmente, por el triunfo de una de las escuelas anteriores al paradigma, que a causa de sus propias creencias y preconcepciones características, hace hincapié sólo en alguna parte especial del conjunto demasiado grande e incoado de informes. Los electricistas que creyeron que la electricidad era un fluido y que, por consiguiente, concedieron una importancia especial a la conducción, proporcionan un ejemplo excelente. Conducidos por esa creencia, que apenas podía explicar la conocida multiplicidad de los efectos de atracción y repulsión, varios de ellos tuvieron la idea de embotellar el fluido eléctrico. El fruto inmediato de sus esfuerzos fue la botella de Leyden, un artefacto que nunca hubiera podido ser descu-

bierto por un hombre que explorara la naturaleza fortuitamente o al azar, pero que, en efecto, fue descubierto independientemente al menos por dos investigadores, en los primeros años de la década de 1740.⁷ Casi desde el comienzo de sus investigaciones sobre la electricidad, Franklin se interesó particularmente en explicar el extraño y, en aquellos tiempos, muy revelador aparato especial. El éxito que tuvo al hacerlo proporcionó el más efectivo de los argumentos para convertir su teoría en un paradigma, aunque éste todavía no podía explicar todos los casos conocidos de repulsión eléctrica.⁸ Para ser aceptada como paradigma, una teoría debe parecer mejor que sus competidoras; pero no necesita explicar y, en efecto, nunca lo hace, todos los hechos que se puedan confrontar con ella.

Lo que hizo la teoría del fluido eléctrico por el subgrupo que la sostenía, lo hizo después el paradigma de Franklin por todo el grupo de los electricistas. Sugirió qué experimentos valía la pena llevar a cabo y cuáles no, porque iban encaminados hacia manifestaciones secundarias o demasiado complejas de la electricidad. Sólo que el paradigma hizo su trabajo de manera mucho más eficaz, en parte debido a que la conclusión del debate interescolar puso punto final a la reiteración constante de fundamentos y, en parte, debido a que la confianza de que se encontraban en el buen camino animó a los científicos a emprender trabajos más precisos, esotéricos y consuntivos.⁹ Libre de la preocupación por cualquier

⁷ Roller y Roller, *op. cit.*, pp. 51-54.

⁸ El caso más molesto era el de la repulsión mutua de cuerpos cargados negativamente. Véase Cohen, *op. cit.*, pp. 491-94, 531-43.

⁹ Debe hacerse notar que la aceptación de la teoría de Franklin no concluye totalmente el debate. En 1759, Robert Symmer propuso una versión de dos fluidos de la

fenómeno eléctrico y por todos a la vez, el grupo unido de electricistas podía ocuparse de fenómenos seleccionados de una manera mucho más detallada, diseñando mucho equipo especial para la tarea y empleándolo de manera más tenaz y sistemática de lo que lo habían hecho hasta entonces los electricistas. Tanto la reunión de datos y hechos como la formulación de teorías se convirtieron en actividades dirigidas. La efectividad y la eficiencia de la investigación eléctrica aumentaron consecuentemente, proporcionando evidencia al apoyo de una versión societaria del agudo aforismo metodológico de Francis Bacon: "La verdad surge más fácilmente del error que de la confusión".¹⁰

Examinaremos la naturaleza de esta investigación dirigida o basada en paradigmas en la sección siguiente; pero antes, debemos hacer notar brevemente cómo el surgimiento de un paradigma afecta a la estructura del grupo que practica en ese campo. En el desarrollo de una ciencia natural, cuando un individuo o grupo produce, por primera vez, una síntesis capaz de atraer a la mayoría de los profesionales de la generación siguiente, las escuelas más antiguas desaparecen gradualmente. Su desaparición se debe, en parte,

teoría y, durante muchos años, a continuación, los electricistas estuvieron divididos en sus opiniones sobre si la electricidad era un fluido simple o doble. Pero los debates sobre ese tema confirman sólo lo que se ha dicho antes sobre la manera en que una realización universalmente reconocida sirve para unificar a la profesión. Los electricistas, aun cuando a ese respecto continuaron divididos, llegaron rápidamente a la conclusión de que ninguna prueba experimental podría distinguir las dos versiones de la teoría y que por consiguiente eran equivalentes. Después de eso, ambas escuelas podían explotar y explotaron todos los beneficios proporcionados por la teoría de Franklin (*ibid.*, pp. 543-46, 548-54).
de Bacon, *op. cit.*, p. 210.

a la conversión de sus miembros al nuevo paradigma. Pero hay siempre hombres que se aferran a alguna de las viejas opiniones y, simplemente, se les excluye de la profesión que, a partir de entonces, pasa por alto sus trabajos. El nuevo paradigma implica una definición nueva y más rígida del campo. Quienes no deseen o no sean capaces de ajustar su trabajo a ella deberán continuar en aislamiento o unirse a algún otro grupo.¹¹ Históricamente, a menudo se han limitado a permanecer en los departamentos de la filosofía de los que han surgido tantas ciencias especiales. Como sugieren esas indicaciones, es a veces sólo la recepción de un paradigma la que transforma a un grupo interesado previamente en el estudio de la naturaleza en una profesión o, al menos, en una disciplina. En las ciencias (aunque no en campos tales como la medicina, la tecnología y el derecho, cuya principal razón de ser es una necesidad social externa), la formación de periódicos

¹¹ La historia de la electricidad proporciona un ejemplo excelente, que podría duplicarse a partir de las carreras de Priestley, Kelvin y otros. Franklin señala que Nollet, quien, a mitades del siglo, era el más influyente de los electricistas continentales, "vivió lo bastante como para verse como el último miembro de su secta, con excepción del Señor B.— su alumno y discípulo inmediato" (Max Farrand [ed.], *Benjamin Franklin's Memoirs* [Berkeley, Calif., 1949], pp. 384-86). Sin embargo, es más interesante la resistencia de escuelas enteras, cada vez más aisladas de la ciencia profesional. Tómese en consideración, por ejemplo, el caso de la astrología, que antiguamente era parte integrante de la astronomía. O piénsese en la continuación, a fines del siglo XVIII y principios del XIX, de una tradición previamente respetada de química "romántica". Ésta es la tradición discutida por Charles C. Gillispie en "The *Encyclopédie* and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Claggett (Madison, Wis., 1959), pp. 255-89; y "The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory", *Archives internationales d'histoire des sciences*, xxxvii (1956), 323-38.

especializados, la fundación de sociedades de especialistas y la exigencia de un lugar especial en el conjunto, se han asociado, habitualmente, con la primera aceptación por un grupo de un paradigma simple. Al menos, ése era el caso entre el momento, hace siglo y medio, en que se desarrolló por primera vez el patrón institucional de la especialización científica y la época muy reciente en que la especialización adquirió un prestigio propio.

La definición más rígida del grupo científico tiene otras consecuencias. Cuando un científico individual puede dar por sentado un paradigma, no necesita ya, en sus trabajos principales, tratar de reconstruir completamente su campo, desde sus principios, y justificar el uso de cada concepto presentado. Esto puede quedar a cargo del escritor de libros de texto. Sin embargo, con un libro de texto, el investigador creador puede iniciar su investigación donde la abandona el libro y así concentrarse exclusivamente en los aspectos más sutiles y esotéricos de los fenómenos naturales que interesan a su grupo. Y al hacerlo así, sus comunicados de investigación comenzarán a cambiar en formas cuya evolución ha sido muy poco estudiada, pero cuyos productos finales modernos son evidentes para todos y abrumadores para muchos. Sus investigaciones no tendrán que ser ya incluidas habitualmente en un libro dirigido, como *Experimentos... sobre electricidad*, de Franklin, o el *Origen de las especies*, de Darwin, a cualquiera que pudiera interesarse por el tema principal del campo. En lugar de ello se presentarán normalmente como artículos breves dirigidos sólo a los colegas profesionales, a los hombres cuyo conocimiento del paradigma compartido puede presumirse y que son los únicos capaces de leer los escritos a ellos dirigidos.

En la actualidad, en las ciencias, los libros son habitualmente textos o reflexiones retrospectivas sobre algún aspecto de la vida científica. El científico que escribe uno de esos libros tiene mayores probabilidades de que su reputación profesional sea dañada que realizada. Sólo en las primeras etapas del desarrollo de las diversas ciencias, anteriores al paradigma, posee el libro ordinariamente la misma relación con la realización profesional que conserva todavía en otros campos creativos. Y sólo en los campos que todavía conservan el libro, con o sin el artículo, como vehículo para la comunicación de las investigaciones, se encuentran tan ligeramente trazadas las líneas de la profesionalización que puede esperar un profano seguir el progreso, leyendo los informes originales de los profesionales. Tanto en la matemática como en la astronomía, ya desde la Antigüedad los informes de investigaciones habían dejado de ser inteligibles para un auditorio de cultura general. En la dinámica, la investigación se hizo similarmente esotérica a fines de la Edad Media y volvió a recuperar su inteligibilidad, de manera breve, a comienzos del siglo XVII, cuando un nuevo paradigma reemplazó al que había guiado las investigaciones medievales. Las investigaciones eléctricas comenzaron a requerir ser traducidas para los legos en la materia a fines del siglo XVIII y la mayoría de los campos restantes de las ciencias físicas dejaron de ser generalmente accesibles durante el siglo XIX. Durante esos mismos dos siglos, pueden señalarse transiciones similares en las diversas partes de las ciencias biológicas; en ciertas partes de las ciencias sociales pueden estarse registrando en la actualidad. Aunque se ha hecho habitual y es seguramente apropiado deplorar el abismo cada vez mayor que separa al científico

profesional de sus colegas en otros campos, se dedica demasiado poca atención a la relación esencial entre ese abismo y los mecanismos intrínsecos del progreso científico.

Desde la Antigüedad prehistórica, un campo de estudio tras otro han ido cruzando la línea divisoria entre lo que un historiador podría llamar su prehistoria como ciencia y su historia propiamente dicha. Esas transiciones a la madurez raramente han sido tan repentinas e inequívocas como mi exposición, necesariamente esquemática, pudiera implicar. Pero tampoco han sido históricamente graduales, o sea, coextensivas con el desarrollo total de los campos en cuyo interior tuvieron lugar. Los escritores sobre la electricidad, durante las cuatro primeras décadas del siglo XVIII, poseían muchos más informes sobre los fenómenos eléctricos que sus predecesores del siglo XVI. Durante el medio siglo posterior a 1740, se añadieron a sus listas muy pocos tipos nuevos de fenómenos eléctricos. Sin embargo, en ciertos aspectos importantes, los escritos de Cavendish, Coulomb y Volta sobre la electricidad, en el último tercio del siglo XVIII parecen más separados de los de Gray, Du Fay e, incluso, Franklin, que los escritos de los primeros descubridores eléctricos del siglo XVIII de aquellos del siglo XVI.¹² En algún momento, entre 1740 y 1780,

¹² Los desarrollos posteriores a Franklin incluyen un aumento inmenso de la sensibilidad de los detectores de cargas, las primeras técnicas dignas de confianza y difundidas generalmente para medir la carga, la evolución del concepto de capacidad y su relación con una noción nuevamente refinada de la tensión eléctrica, y la cuantificación de la fuerza electrostática. Con respecto a todos esos puntos, véase Roller y Roller, *op. cit.*, pp. 66-81; W. C. Walker, "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century", *Annals of Science*, I (1936), 66-100; y Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität* (Leipzig, 1884), Primera Parte, capítulos III-IV.

pudieron los electricistas, por primera vez, dar por sentadas las bases de su campo. A partir de ese punto, continuaron hacia problemas más concretos y recónditos e informaron cada vez más de los resultados obtenidos en sus investigaciones en artículos dirigidos a otros electricistas, más que en libros dirigidos al mundo instruido en general. Como grupo, alcanzaron lo que habían logrado los astrónomos en la Antigüedad y los estudiosos del movimiento en la Edad Media, los de la óptica física a fines del siglo XVII y los de la geología histórica a principios del siglo XIX. O sea, habían obtenido un paradigma capaz de guiar las investigaciones de todo el grupo. Excepto con la ventaja de la visión retrospectiva, es difícil encontrar otro criterio que proclame con tanta claridad a un campo dado como ciencia,

III. NATURALEZA DE LA CIENCIA NORMAL

¿CUÁL es pues la naturaleza de la investigación más profesional y esotérica que permite la aceptación por un grupo de un paradigma único? Si el paradigma representa un trabajo que ha sido realizado de una vez por todas, ¿qué otros problemas deja para que sean resueltos por el grupo unido? Estas preguntas parecerán todavía más apremiantes, si hacemos notar ahora un aspecto en el que los términos utilizados hasta aquí pueden conducir a errores. En su uso establecido, un paradigma es un modelo o patrón aceptado y este aspecto de su significado me ha permitido apropiarme la palabra 'paradigma', a falta de otro término mejor; pronto veremos claramente que el sentido de 'modelo' y 'patrón', que permiten la apropiación, no es enteramente el usual para definir 'paradigma'. En la gramática, por ejemplo, '*amo, amas, amat*' es un paradigma, debido a que muestra el patrón o modelo que debe utilizarse para conjugar gran número de otros verbos latinos, *v.gr.*: para producir '*laudo, laudas, laudat*'. En esta aplicación común, el paradigma funciona, permitiendo la renovación de ejemplos cada uno de los cuales podría servir para reemplazarlo. Por otra parte, en una ciencia, un paradigma es raramente un objeto para renovación. En lugar de ello, tal y como una decisión judicial aceptada en el derecho común, es un objeto para una mayor articulación y especificación, en condiciones nuevas o más rigurosas.

Para comprender cómo puede suceder esto, debemos reconocer lo muy limitado que puede ser un paradigma en alcance y precisión en el momento de su primera aparición. Los paradig-

mas obtienen su *status* como tales, debido a que tienen más éxito que sus competidores para resolver unos cuantos problemas que el grupo de profesionales ha llegado a reconocer como agudos. Sin embargo, el tener más éxito no quiere decir que tenga un éxito completo en la resolución de un problema determinado o que dé resultados suficientemente satisfactorios con un número considerable de problemas. El éxito de un paradigma —ya sea el análisis del movimiento de Aristóteles, los cálculos hechos por Tolomeo de la posición planetaria, la aplicación hecha por Lavoisier de la balanza o la matematización del campo electromagnético por Maxwell— es al principio, en gran parte, una promesa de éxito discernible en ejemplos seleccionados y todavía incompletos. La ciencia normal consiste en la realización de esa promesa, una realización lograda mediante la ampliación del conocimiento de aquellos hechos que el paradigma muestra como particularmente reveladores, aumentando la extensión del acoplamiento entre esos hechos y las predicciones del paradigma y por medio de la articulación ulterior del paradigma mismo.

Pocas personas que no sean realmente practicantes de una ciencia madura llegan a comprender cuánto trabajo de limpieza de esta especie deja un paradigma para hacer, o cuán atrayente puede resultar la ejecución de dicho trabajo. Y es preciso comprender esos puntos. Las operaciones de limpieza son las que ocupan a la mayoría de los científicos durante todas sus carreras. Constituyen lo que llamo aquí ciencia normal. Examinada de cerca, tanto históricamente como en el laboratorio contemporáneo, esa empresa parece ser un intento de obligar a la naturaleza a que encaje dentro de los límites preestablecidos y relativamente inflexible que proporciona

el paradigma. Ninguna parte del objetivo de la ciencia normal está encaminada a provocar nuevos tipos de fenómenos; en realidad, a los fenómenos que no encajarían dentro de los límites mencionados frecuentemente ni siquiera se los ve. Tampoco tienden normalmente los científicos a descubrir nuevas teorías y a menudo se muestran intolerantes con las formuladas por otros.¹

Es posible que sean defectos. Por supuesto, las zonas investigadas por la ciencia normal son minúsculas; la empresa que está siendo discutida ha restringido drásticamente la visión. Pero esas restricciones, nacidas de la confianza en un paradigma, resultan esenciales para el desarrollo de una ciencia. Al enfocar la atención sobre un cuadro pequeño de problemas relativamente esotéricos, el paradigma obliga a los científicos a investigar alguna parte de la naturaleza de una manera tan detallada y profunda que sería inimaginable en otras condiciones. Y la ciencia normal posee un mecanismo interno que siempre que el paradigma del que proceden deja de funcionar de manera efectiva, asegura el relajamiento de las restricciones que atan a la investigación. En ese punto, los científicos comienzan a comportarse de manera diferente, al mismo tiempo que cambia la naturaleza de sus problemas de investigación. Sin embargo, mientras tanto, durante el periodo en que el paradigma se aplica con éxito, la profesión resolverá problemas que es raro que sus miembros hubieran podido imaginarse y que nunca hubieran emprendido sin él. En lugar de ello, la investigación científica normal va dirigida a la articulación de aquellos fenómenos y teorías que ya proporciona el paradigma.

¹ Bernard Barber, "Resistance by Scientists to Scientific Discovery", *Science*, cxxxiv (1961), 596-602.

Para mostrar de manera más clara lo que entendemos por investigación normal o basada en un paradigma, trataré ahora de clasificar e ilustrar los problemas en los que consiste principalmente la ciencia normal. Por conveniencia, pospongo la actividad teórica y comienzo con la reunión de datos o hechos, o sea, con los experimentos y las observaciones que se describen en los periódicos técnicos por medio de los que los científicos informan a sus colegas profesionales de los resultados del progreso de sus investigaciones. ¿Sobre qué aspectos de la naturaleza informan normalmente los científicos? ¿Qué determina su elección? Y, puesto que la mayoría de las observaciones científicas toman tiempo, equipo y dinero, ¿qué es lo que incita a los científicos a llevar esa elección hasta su conclusión?

Creo que hay sólo tres focos normales para la investigación científica fáctica y no son siempre ni permanentemente, distintos. Primeramente, encontramos la clase de hechos que el paradigma ha mostrado que son particularmente reveladores de la naturaleza de las cosas. Al emplearlos para resolver problemas, el paradigma ha hecho que valga la pena determinarlos con mayor precisión y en una mayor variedad de situaciones. En un momento u otro, esas determinaciones fácticas importantes han incluido: en astronomía, la posición y magnitud de las estrellas, los periodos de eclipses binarios de los planetas; en física, las gravedades y compresibilidades específicas de los materiales, las longitudes de onda y las intensidades espectrales, las conductividades eléctricas y los potenciales de contacto; y en química, la composición y la combinación de pesos, los puntos de ebullición y la acidez de las soluciones, las fórmulas estructurales y actividades ópticas.

Los esfuerzos por aumentar la exactitud y el alcance con que se conocen hechos como éstos, ocupan una fracción importante de la literatura de la ciencia de observación y experimentación. Repetidas veces se han diseñado aparatos especiales y complejos para esos fines, y el invento, la construcción y el despliegue de esos aparatos han exigido un talento de primera categoría, mucho tiempo y un respaldo financiero considerable. Los sincrotrones y los radiotelescopios son tan sólo los ejemplos más recientes de hasta dónde están dispuestos a ir los investigadores, cuando un paradigma les asegura que los hechos que buscan son importantes. Desde Tycho Brahe hasta E. O. Lawrence, algunos científicos han adquirido grandes reputaciones, no por la novedad de sus descubrimientos, sino por la precisión, la seguridad y el alcance de los métodos que desarrollaron para la redeterminación de algún tipo de hecho previamente conocido.

Una segunda clase habitual, aunque menor, de determinaciones fácticas se dirige hacia los hechos que, aunque no tengan a menudo mucho interés intrínseco, pueden compararse directamente con predicciones de la teoría del paradigma. Como veremos un poco más adelante, cuando pasemos de los problemas experimentales a los problemas teóricos de la ciencia normal, es raro que haya muchos campos en los que una teoría científica, sobre todo si es formulada en una forma predominantemente matemática, pueda compararse directamente con la naturaleza. No más de tres de tales campos son accesibles, hasta ahora, a la teoría general de la relatividad de Einstein.² Además, incluso en los campos en que es posible la aplicación, exige a menudo,

² El único punto duradero de comprobación que es reconocido todavía en la actualidad es el de la precesión

aproximaciones teóricas e instrumentales que limitan severamente el acuerdo que pudiera esperarse. El mejoramiento de ese acuerdo o el descubrimiento de nuevos campos en los que el acuerdo pueda demostrarse, representan un desafío constante para la habilidad y la imaginación de los experimentadores y los observadores. Los telescopios especiales para demostrar la predicción de Copérnico sobre la paralaje anual; la máquina de Atwood, inventada casi un siglo después de los *Principia*, para proporcionar la primera demostración inequívoca de la segunda ley de Newton; el aparato de Foucault, para demostrar que la velocidad de la luz es mayor en el aire que en el agua; o el gigantesco contador de centelleo, diseñado para demostrar la existencia del neutrino —esos aparatos especiales y muchos otros como ellos— ilustran el esfuerzo y el ingenio inmensos que han sido necesarios para hacer que la naturaleza y la teoría lleguen a un acuerdo cada vez más estrecho.⁸ Este intento de demostrar el acuerdo es un segundo tipo de trabajo

del perihelio de Mercurio. El corrimiento hacia el rojo del espectro de la luz de las estrellas distantes puede deducirse a partir de consideraciones más elementales que la relatividad general y lo mismo puede ser posible para la curvatura de la luz en torno al Sol, un punto que en la actualidad está a discusión. En cualquier caso, las mediciones de este último fenómeno continúan siendo equívocas. Es posible que se haya establecido, hace muy poco tiempo, otro punto complementario de comprobación: el corrimiento gravitacional de la radiación de Mossbauer. Quizás haya pronto otros en este campo actualmente activo, pero que durante tanto tiempo permaneció aletargado. Para obtener un informe breve y al día sobre ese problema, véase "A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity", de L. I. Schiff, *Physics Today*, xiv (1961), 42-48.

⁸ Sobre dos de los telescopios de paralaje, véase *A History of Science, Technology, and Philosophy in the Eighteenth Century* (2ª ed., Londres, 1952), pp. 103-5, de

experimental normal y depende de un paradigma de manera todavía más evidente que el anterior. La existencia del paradigma establece el problema que debe resolverse; con frecuencia, la teoría del paradigma se encuentra implicada directamente en el diseño del aparato capaz de resolver el problema. Por ejemplo, sin los *Principia*, las mediciones realizadas con la máquina de Atwood no hubieran podido significar nada en absoluto.

Una tercera clase de experimentos y observaciones agota, creo yo, las tareas de reunión de hechos de la ciencia normal. Consiste en el trabajo empírico emprendido para articular la teoría del paradigma, resolviendo algunas de sus ambigüedades residuales y permitiendo resolver problemas hacia los que anteriormente sólo se había llamado la atención. Esta clase resulta la más importante de todas y su descripción exige una subdivisión. En las ciencias de carácter más matemático, algunos de los experimentos cuya finalidad es la articulación, van encaminados hacia la determinación de constantes físicas. Por ejemplo: el trabajo de Newton indicó que la fuerza entre dos unidades de masa a la unidad de distancia sería la misma para todos los tipos de materia en todas las posiciones, en el Universo. Pero sus propios problemas podían resolverse sin calcular siquiera el tamaño de esa atracción, la constante gravitacional universal; y

Abraham Wolf. Sobre la máquina Atwood, véase *Patterns of Discovery*, de N. R. Hanson (Cambridge, 1958), pp. 100-102, 207-8. Para los últimos dos aparatos especiales, véase "Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau...", de M. L. Foucault, *Comptes rendus... de l'Académie des sciences*, xxx (1850), 551-60; y "Detection of the Free Neutrino: A Confirmation", de C. L. Cowan, *Science*, cxxiv (1956), 103-4.

nadie diseñó un aparato capaz de determinarla durante todo el siglo que siguió a la aparición de los *Principia*. La famosa determinación de Cavendish, en 1790, tampoco fue la última. A causa de su posición central en la teoría física, los valores perfeccionados de la constante gravitacional han sido desde entonces objeto de esfuerzos repetidos por parte de experimentadores extraordinarios.⁴ Otros ejemplos del mismo tipo de trabajo continuo incluirían la determinación de la unidad astronómica, el número de Avogadro, el coeficiente de Joule, la carga electrónica, etc. Pocos de esos esfuerzos complejos hubieran sido concebidos y ninguno se habría llevado a cabo sin una teoría de paradigma que definiera el problema y garantizara la existencia de una solución estable.

Los esfuerzos para articular un paradigma, sin embargo, no se limitan a la determinación de constantes universales. Por ejemplo, pueden tener también como meta leyes cuantitativas: la Ley de Boyle que relaciona la presión del gas con el volumen, la Ley de Coulomb sobre la atracción eléctrica y la fórmula de Joule que relaciona el calor generado con la resistencia eléctrica y con la corriente, se encuentran en esta categoría. Quizá no resulte evidente el hecho de que sea necesario un paradigma, como requisito previo para el descubrimiento de leyes como éstas. Con frecuencia se oye decir que son descubiertas examinando mediciones tomadas por su propia cuenta y sin compromiso teórico, pero la historia no ofrece ningún respaldo a un método tan excesivo.

⁴ J. H. Poynting revisa unas dos docenas de mediciones de la constante gravitacional entre 1741 y 1901, en "Gravitation Constant and Mean Density of the Earth", *Encyclopaedia Britannica* (11^a ed.; Cambridge, 1910-11), XII, 385-89.

vamente baconiano. Los experimentos de Boyle no eran concebibles (y si se hubieran concebido hubieran recibido otra interpretación o ninguna en absoluto) hasta que se reconoció que el aire era un fluido elástico al que podían aplicarse todos los conceptos complejos de la hidrostática.⁵ El éxito de Coulomb dependió de que construyera un aparato especial para medir la fuerza entre dos cargas extremas. (Quienes habían medido previamente las fuerzas eléctricas, utilizando balanzas de platillo, etc., no descubrieron ninguna consistencia o regularidad simple.) Pero a su vez, ese diseño dependió del reconocimiento previo de que cada partícula del fluido eléctrico actúa sobre cada una de las otras a cierta distancia. Era la fuerza entre esas partículas —la única fuerza que con seguridad podía suponerse una función simple de la distancia— la que buscaba Coulomb.⁶ También los experimentos de Joule pueden utilizarse para ilustrar cómo de la articulación de un paradigma, surgen leyes cuantitativas. En efecto, la relación existente entre el paradigma cualitativo y la ley cuantitativa es tan general y cercana que, desde Galileo, tales leyes han sido con frecuencia adivinadas correctamente, con ayuda de un paradigma, muchos

⁵ Para la conversión plena de conceptos hidrostáticos a la neumática, véase *The Physical Treatises of Pascal*, trad. de I. H. B. Spiers y A. G. H. Spiers, con una introducción y notas de F. Barry (Nueva York, 1937). La presentación original que hizo Torricelli del paralelismo ("Vivimos sumergidos en el fondo de un océano del elemento aire") se presenta en la p. 164. Su rápido desarrollo se muestra en los dos tratados principales.

⁶ Duane Roller y Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb* ("Harvard Case Histories in Experimental Science", Caso 8; Cambridge, Mass., 1954), páginas 66-80.

años antes de que pudiera diseñarse un aparato para su determinación experimental.⁷

Finalmente, existe un tercer tipo de experimento encaminado hacia la articulación de un paradigma. Estos experimentos, más que otros, pueden asemejarse a la exploración y sobre todo prevalecen en los periodos y en las ciencias que se ocupan más de los aspectos cualitativos que de los cuantitativos relativos a la regularidad de la naturaleza. Con frecuencia un paradigma, desarrollado para un conjunto de fenómenos, resulta ambiguo al aplicarse a otro estrechamente relacionado. Entonces son necesarios experimentos para escoger entre los métodos alternativos, a efecto de aplicar el paradigma al nuevo campo de interés. Por ejemplo, las aplicaciones del paradigma de la teoría calórica, fueron el calentamiento y el enfriamiento por medio de mezclas y del cambio de estado. Pero el calor podía ser soltado o absorbido de muchas otras maneras —p. ej. por medio de combinaciones químicas, por fricción y por compresión o absorción de un gas— y la teoría podía aplicarse a cada uno de esos otros fenómenos de varias formas. Si por ejemplo, el vacío tuviera una capacidad térmica, el calentamiento por compresión podría explicarse como el resultado de la mezcla de gas con vacío. O podría deberse a un cambio en el calor específico de los gases con una presión variable. Además, había varias otras explicaciones posibles. Se emprendieron muchos experimentos para elaborar esas diversas posibilidades y, para hacer una distinción entre ellas; todos esos experimentos procedían de la teoría calórica como paradigma y todos se aprovecharon de ella en el

⁷ Para obtener ejemplos, véase "The Function of Measurement in Modern Physical Science", de T. S. Kuhn, *Isis*, LII (1961), 161-93.

diseño de experimentos y en la interpretación de los resultados.⁸ Una vez establecido el fenómeno del calentamiento por compresión, todos los experimentos ulteriores en ese campo fueron, en esa forma, dependientes del paradigma. Dado el fenómeno, ¿de qué otra forma hubiera podido seleccionarse un experimento para elucidarlo?

Veamos ahora los problemas teóricos de la ciencia normal, que caen muy aproximadamente dentro de las mismas clases que los experimentales o de observación. Una parte del trabajo teórico normal, aunque sólo una parte pequeña, consiste simplemente en el uso de la teoría existente para predecir información fáctica de valor intrínseco. El establecimiento de efemérides astronómicas, el cálculo de las características de las lentes y la producción de curvas de propagación de radio son ejemplos de problemas de ese tipo. Sin embargo, los científicos los consideran generalmente como trabajos de poca monta que deben dejarse a los ingenieros y a los técnicos. Muchos de ellos en ningún momento aparecen en periódicos científicos importantes. Pero esos mismos periódicos contienen numerosas discusiones teóricas de problemas que, a los no científicos, deben parecerles casi idénticos. Son las manipulaciones de teoría emprendidas no debido a que las predicciones que resultan sean intrínsecamente valiosas, sino porque pueden confrontarse directamente con experimentos. Su fin es mostrar una nueva aplicación del paradigma o aumentar la precisión de una aplicación que ya se haya hecho.

La necesidad de este tipo de trabajo nace de las enormes dificultades que frecuentemente se encuentran para desarrollar puntos de contacto

⁸ T. S. Kuhn, "The Caloric Theory of Adiabatic Compression", *Isis*, XLIX (1958), 132-40.

entre una teoría y la naturaleza. Estas dificultades pueden ilustrarse brevemente por medio de un examen de la historia de la dinámica después de Newton. A principios del siglo XVIII, aquellos científicos que hallaron un paradigma en *Principia* dieron por sentada la generalidad de sus conclusiones y tenían todas las razones para hacerlo así. Ningún otro trabajo conocido en la historia de la ciencia ha permitido simultáneamente un aumento tan grande tanto en el alcance como en la precisión de la investigación. En cuanto al cielo, Newton había derivado las Leyes de Kepler sobre el movimiento planetario y había explicado, asimismo, algunos de los aspectos observados en los que la Luna no se conformaba a ellas. En cuanto a la Tierra, había derivado los resultados de ciertas observaciones dispersas sobre los péndulos, los planos inclinados y las mareas. Con la ayuda de suposiciones complementarias, pero *ad hoc*, había sido capaz también de derivar la Ley de Boyle y una fórmula importante para la velocidad del sonido en el aire. Dado el estado de las ciencias en esa época, el éxito de estas demostraciones fue extraordinariamente impresionante. Sin embargo, dada la generalidad presuntiva de las Leyes de Newton, el número de esas aplicaciones no era grande y Newton casi no desarrolló otras. Además, en comparación con lo que cualquier graduado de física puede lograr hoy en día con esas mismas leyes, las pocas aplicaciones de Newton no fueron ni siquiera desarrolladas con precisión.

Limitemos la atención por el momento, al problema de la precisión. Ya hemos ilustrado su aspecto empírico. Fue necesario un equipo especial —el aparato de Cavendish, la máquina de Atwood o los telescopios perfeccionados— para proporcionar los datos especiales que exigían las

aplicaciones concretas del paradigma de Newton. Del lado de la teoría existían dificultades similares para obtener el acuerdo. Al aplicar sus leyes a los péndulos, por ejemplo, Newton se vio obligado a considerar el disco como un punto de masa, con el fin de proporcionar una definición única de la longitud del péndulo. La mayoría de sus teoremas, siendo las escasas excepciones hipotéticas y preliminares, pasaban también por alto el efecto de la resistencia del aire. Eran aproximaciones físicas que tenían solidez. Sin embargo, como aproximaciones restringían el acuerdo que podía esperarse entre las predicciones de Newton y los experimentos reales. Las mismas dificultades aparecieron, de manera todavía más clara, en la aplicación de la teoría de Newton al firmamento. Las simples observaciones telescópicas cuantitativas indican que los planetas no obedecen completamente a las Leyes de Kepler, y la teoría de Newton indica que no deberían hacerlo. Para derivar esas leyes, Newton se había visto obligado a desdeñar toda la atracción gravitacional, excepto la que existe entre los planetas individuales y el Sol. Puesto que los planetas se atraen también unos a otros, sólo podía esperarse un acuerdo aproximado entre la teoría aplicada y la observación telescópica.⁹

Como en el caso de los péndulos, la confirmación obtenida fue más que satisfactoria para quienes la obtuvieron. No existía ninguna otra teoría que se acercara tanto a la realidad. Ninguno de los que pusieron en tela de juicio la validez del trabajo de Newton, lo hizo a causa de su limitado acuerdo con el experimento y la observación. Sin embargo, esas limitaciones de concordancia de-

⁹ Wolf, *op. cit.*, pp. 75-81, 96-101; y William Whewell, *History of the Inductive Sciences* (ed. rev.; Londres, 1847), II, 213-71.

jaron muchos problemas teóricos fascinantes a los sucesores de Newton. Fueron necesarias técnicas teóricas para determinar, por ejemplo, la "longitud equivalente" de un péndulo masivo. Fueron necesarias asimismo técnicas, para ocuparse de los movimientos simultáneos de más de dos cuerpos que se atraen mutuamente. Esos problemas y muchos otros similares ocuparon a muchos de los mejores matemáticos de Europa durante el siglo XVIII y los primeros años del XIX. Los Bernoulli, Euler, Lagrange, Laplace y Gauss, realizaron todos ellos parte de sus trabajos más brillantes en problemas destinados a mejorar la concordancia entre el paradigma de Newton y la naturaleza. Muchas de esas mismas figuras trabajaron simultáneamente en el desarrollo de las matemáticas necesarias para aplicaciones que Newton ni siquiera había intentado produciendo, por ejemplo, una inmensa literatura y varias técnicas matemáticas muy poderosas para la hidrodinámica y para el problema de las cuerdas vibratorias. Esos problemas de aplicación representan, probablemente, el trabajo científico más brillante y complejo del siglo XVIII. Podrían descubrirse otros ejemplos por medio de un examen del periodo posterior al paradigma, en el desarrollo de la termodinámica, la teoría ondulatoria de la luz, la teoría electromagnética o cualquier otra rama científica cuyas leyes fundamentales sean totalmente cuantitativas. Al menos en las ciencias de un mayor carácter matemático, la mayoría del trabajo teórico es de ese tipo.

Pero no todo es así. Incluso en las ciencias matemáticas hay también problemas teóricos de articulación de paradigmas y durante los periodos en que el desarrollo científico fue predominantemente cualitativo, dominaron estos problemas. Algunos de los problemas, tanto en las ciencias

más cuantitativas como en las más cualitativas, tienden simplemente a la aclaración por medio de la reformulación. Por ejemplo, los *Principia* no siempre resultaron un trabajo sencillo de aplicación, en parte debido a que conservaban algo de la tosquedad inevitable en un primer intento y en parte debido a que una fracción considerable de su significado sólo se encontraba implícito en sus aplicaciones. Por consiguiente, de los Bernoulli, d'Alembert y Lagrange, en el siglo XVIII, a los Hamilton, Jacobi y Hertz, en el XIX, muchos de los físicos matemáticos más brillantes de Europa se dieron repetidamente a la tarea de reformular la teoría de Newton en una forma equivalente, pero más satisfactoria lógica y estéticamente. O sea, deseaban mostrar las lecciones implícitas y explícitas de los *Principia* en una versión más coherente, desde el punto de vista de la lógica, y que fuera menos equívoca en sus aplicaciones a los problemas recién planteados por la mecánica.¹⁰

En todas las ciencias han tenido lugar, repetidamente, reformulaciones similares de un paradigma; pero la mayoría de ellas han producido cambios más substanciales del paradigma que las reformulaciones de los *Principia* que hemos citado. Tales cambios son el resultado del trabajo empírico previamente descrito como encaminado a la articulación de un paradigma. En realidad, la clasificación de ese tipo de trabajo como empírico fue arbitraria. Más que cualquier otro tipo de investigación normal, los problemas de la articulación de paradigmas son a la vez teóricos y experimentales; los ejemplos dados antes servirán igualmente bien en este caso. Antes de que pudiera construir su equipo y realizar medi-

¹⁰ René Dugas, *Histoire de la Mécanique* (Neuchâtel, 1950), Libros IV-V.

ciones con él, Coulomb tuvo que emplear teoría eléctrica para determinar cómo debía construir dicho equipo. La consecuencia de sus mediciones fue un refinamiento de esa teoría. O también, los hombres que idearon los experimentos que debían establecer la distinción entre las diversas teorías del calentamiento por compresión fueron generalmente los mismos que habían formulado las versiones que iban a ser comparadas. Trabajaban tanto con hechos como con teorías y su trabajo no produjo simplemente una nueva información sino un paradigma más preciso, obtenido mediante la eliminación de ambigüedades que había retenido el original a partir del que trabajaban. En casi todas las ciencias, la mayor parte del trabajo normal es de este tipo.

Estas tres clases de problemas —la determinación del hecho significativo, el acoplamiento de los hechos con la teoría y la articulación de la teoría— agotan, creo yo, la literatura de la ciencia normal, tanto empírica como teórica. Por supuesto, no agotan completamente toda la literatura de la ciencia. Hay también problemas extraordinarios y su resolución puede ser la que hace que la empresa científica como un todo resulte tan particularmente valiosa. Pero los problemas extraordinarios no pueden tenerse a petición; surgen sólo en ocasiones especiales, ocasionados por el progreso de la investigación normal. Por consiguiente, es inevitable que una mayoría abrumadora de los problemas de que se ocupan incluso los mejores científicos, caigan habitualmente dentro de una de las tres categorías que hemos mencionado. El trabajo bajo el paradigma no puede llevarse a cabo en ninguna otra forma y la deserción del paradigma significa dejar de practicar la ciencia que se define. Pronto descubriremos que esas deserciones tienen lugar.

Son los puntos de apoyo sobre los que giran las revoluciones científicas. Pero antes de comenzar el estudio de esas revoluciones, necesitamos una visión más panorámica de las empresas científicas normales que preparan el camino.

POSDATA: 1969

HAN TRANSCURRIDO casi siete años desde la primera publicación de este libro.¹ En el ínterin, tanto la respuesta de la crítica como mi propio trabajo nuevo han aumentado mi comprensión de un buen número de los asuntos en cuestión. En lo fundamental, mi punto de vista casi no ha cambiado, pero hoy reconozco aspectos de su formulación inicial que crean dificultades y equívocos gratuitos. Como algunos de esos equívocos han sido de mi propia cosecha, su eliminación me permite ganar un terreno que, a la postre, podrá constituir la base de una nueva versión del libro.² Mientras tanto, aprovecho la oportunidad para esbozar algunas revisiones necesarias, comentar algunas críticas reiteradas y esbozar las direcciones que hoy está siguiendo mi propio pensamiento.³

¹ Esta posdata fue preparada originalmente a sugerencia del que fue mi alumno y por mucho tiempo mi amigo, Dr. Shigeru Nakayama, de la Universidad de Tokio, para incluirla en la versión japonesa de este libro. Le estoy agradecido por su idea, por su paciencia al esperar sus resultados y por su permiso para incluir su resultado en la edición en idioma inglés.

² Para esta edición he procurado limitar las alteraciones a unos cuantos errores tipográficos, dos pasajes que contienen errores aislados, y no dar una nueva versión. Uno de estos errores es la descripción del papel de los *Principia* de Newton en el desarrollo de la mecánica del siglo XVIII, de las pp. 62-65. Los otros se refieren a las respuestas a la crisis, en la pp. 138.

³ Otras indicaciones podrán encontrarse en dos de mis recientes ensayos: "Reflections on My Critics", editado por Irme Lakatos y Alan Musgrave, *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge, 1970); y "Second Thoughts on Paradigms", editado por Frederick Suppe, *The Structure of Scientific Theories* (Urbana, III, 1970 o 1971). Más adelante citaré el primero de estos ensayos como "Re-

Algunas de las principales dificultades de mi texto original se centran en el concepto de un paradigma, y mi análisis empieza con ellas.⁴ En la subsección que sigue, haré ver lo deseable de aislar tal concepto apartándolo de la noción de una comunidad científica, indico cómo puede hacerse esto y elucido algunas consecuencias considerables de la resultante separación analítica. Después considero lo que ocurre cuando se buscan paradigmas examinando el comportamiento de los miembros de una comunidad científica *previamente determinada*. Ese procedimiento revela, al punto, que en gran parte del libro me he valido del término "paradigma" en dos sentidos distintos. Por una parte, significa toda la constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada. Por otra parte, denota una especie de elemento de tal constelación, las concretas soluciones de problemas que, empleadas como modelos o ejemplos, pueden reemplazar reglas explícitas como base de la solución de los restantes problemas de la ciencia normal. El primer sentido del término, al que podremos llamar sociológico, es el tema de la Subsección 2, más adelante; la Subsección 3 está dedicada a los paradigmas como ejemplares logros del pasado.

Al menos en el aspecto filosófico este segundo sentido de "paradigma" es el más profundo de los dos, y las afirmaciones que he hecho en su

flections" y al volumen en que aparece como *Growth of Knowledge*; el segundo ensayo será mencionado como "Second Thoughts".

⁴ Para una crítica particularmente convincente de mi presentación inicial de los paradigmas véase: "The Nature of a Paradigm" en *Growth of Knowledge*, de Margaret Masterman; y "The Structure of Scientific Revolutions", de Dudley Shapere, en *Philosophical Review*, LXXIII (1964), 383-94.

nombre son las principales causas de las controversias y equívocos que ha producido el libro, particularmente la acusación de que yo he hecho de la ciencia una empresa subjetiva e irracional. Estos temas se consideran en las Subsecciones 4 y 5. En la primera se sostiene que términos como "subjetivo" e "intuitivo" no pueden aplicarse con propiedad a los componentes del conocimiento que, según mi decisión, están tácitamente empujados en ejemplos compartidos. Aunque tal conocimiento no está sujeto a la paráfrasis —sin cambios esenciales— por lo que respecta a reglas y cánones, sin embargo resulta sistemático, ha resistido el paso del tiempo, y en cierto sentido es corregible. La Subsección 5 aplica tal argumento al problema de elección entre dos teorías incompatibles, y pide, en breve conclusión, que quienes sostienen puntos de vista inconmensurables sean considerados como miembros de diferentes comunidades lingüísticas, y que sus problemas de comunicación sean analizados como problemas de traducción. Los asuntos restantes se analizan en las siguientes Subsecciones 6 y 7. La primera considera la acusación de que el concepto de ciencia desarrollado en este libro es integralmente relativista. La segunda comienza preguntando si mi argumento realmente adolece, como se ha dicho, de una confusión entre los modos descriptivo y normativo; concluye con unas breves observaciones sobre un tema que merece un ensayo aparte: el grado en que las principales tesis del libro pueden aplicarse legítimamente a otros campos, aparte de la ciencia.

1. Paradigmas y estructura comunitaria

El término "paradigma" aparece pronto en las páginas anteriores, y es, intrínsecamente, circular.

Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica y, a la inversa una comunidad científica consiste en unas personas que comparten un paradigma. No todas las circularidades son viciosas (defenderé más adelante, en este escrito, un argumento de estructura similar), pero ésta es causa de verdaderas dificultades. Las comunidades científicas pueden aislarse sin recurrir previamente a paradigmas; éstos pueden ser descubiertos, entonces, analizando el comportamiento de los miembros de una comunidad dada. Si estuviera reescribiendo este libro, por lo tanto, empezaría con un análisis de la estructura comunitaria de la ciencia, tema que recientemente se ha convertido en importante objeto de la investigación sociológica, y que también empiezan a tomar en serio los historiadores de la ciencia. Los resultados preliminares, muchos de ellos aún inéditos, indican que las técnicas empíricas necesarias para su exploración son no-triviales, pero algunas están en embrión y otros seguramente se desarrollarán.⁵ La mayoría de los científicos en funciones responden inmediatamente a las preguntas acerca de sus afiliaciones comunitarias, dando por sentado que la responsabilidad por las varias especialidades actuales está distribuida entre grupos de un número de miembros al menos generalmente determinado. Por tanto, supondré

⁵ *The Scientific Community*, de W. O. Hagstrom (Nueva York 1965), caps. IV y V; "Collaboration in an Invisible College", de D. J. Price y D. de B. Beaver, *American Psychologist*, XXI (1966), 1011-18; "Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the 'Invisible' College Hypothesis" de Diana Crane. *American Sociological Review*, XXXIV (1969), 335-52; *Social Networks among Biological Scientists* de N. C. Mullins (Ph. D. Diss Harvard University, 1966) y "The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group" (artículo presentado en la reunión anual de la American Sociological Association, Boston, 1968).

aquí que ya se encontrarán medios más sistemáticos para su identificación. En lugar de presentar los resultados de la investigación preliminar, permítaseme explicar brevemente la noción intuitiva de comunidad, subyacente en gran parte de los capítulos anteriores de este libro. Es una idea que comparten extensamente científicos, sociólogos y numerosos historiadores de la ciencia.

Según esta opinión, una comunidad científica consiste en quienes practican una especialidad científica. Hasta un grado no igualado en la mayoría de los otros ámbitos, han tenido una educación y una iniciación profesional similares. En el proceso, han absorbido la misma bibliografía técnica y sacado muchas lecciones idénticas de ella. Habitualmente los límites de esa bibliografía general constituyen las fronteras de un tema científico, y cada unidad habitualmente tiene un tema propio. En las ciencias hay escuelas, es decir, comunidades que enfocan el mismo tema desde puntos de vista incompatibles. Pero aquí son mucho más escasas que en otros campos. Siempre están en competencia, y su competencia por lo general termina pronto; como resultado, los miembros de una comunidad científica se ven a sí mismos, y son considerados por otros como los hombres exclusivamente responsables de la investigación de todo un conjunto de objetivos comunes, que incluyen la preparación de sus propios sucesores. Dentro de tales grupos, la comunicación es casi plena, y el juicio profesional es, relativamente, unánime. Como, por otra parte, la atención de diferentes comunidades científicas enfoca diferentes problemas, la comunicación profesional entre los límites de los grupos a veces es ardua, a menudo resulta en equívocos, y de seguir adelante, puede conducir a un considerable y antes insospechado desacuerdo.

En ese sentido, las comunidades, desde luego, existen en muchos niveles. La más global es la comunidad de todos los científicos naturalistas. A un nivel apenas inferior, los principales grupos de científicos profesionales son comunidades: médicos, químicos, astrónomos, zoólogos y similares. Para estos grandes grupos, la pertenencia a una comunidad queda inmediatamente establecida, excepto en sus límites. Temas de la mayor dificultad, afiliación a las sociedades profesionales y publicaciones leídas son, por lo general, más que suficientes. Las técnicas similares también pueden aislar a los principales subgrupos: químicos orgánicos, quizás los químicos de las proteínas entre ellos, físicos especializados en transistores, radio astrónomos, etc. Sólo es en el siguiente nivel inferior donde surgen problemas empíricos. Para tomar un ejemplo contemporáneo, ¿cómo se habría podido aislar el grupo "fago", antes de ser aclamado por el público? Con este fin se debe asistir a conferencias especiales, se debe recurrir a la distribución de manuscritos o galerías antes de su publicación y ante todo, a las redes oficiales o extraoficiales de comunicación, incluso las que hayan sido descubiertas en la correspondencia y en los nexos establecidos entre las referencias.⁶ Yo sostengo que esa labor puede y debe hacerse, al menos en el escenario contemporáneo, y en las partes más recientes del escenario histórico. Lo característico es que ofrezca comunidades hasta, quizá, de cien miembros, ocasionalmente bastante menos. Por lo general los científicos

⁶ *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*, de Eugene Garfield (Filadelfia: Institute of Scientific Information, 1964); "Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing", de M. M. Kessler, *American Documentation*, XVI (1965) 223-33; "Networks of Scientific Papers", de D. J. Price, *Science*, CIL (1965), 510-15.

individuales, particularmente los más capaces, pertenecerán a varios de tales grupos, sea simultáneamente, sea en sucesión.

Las comunidades de esta índole son las unidas que este libro ha presentado como productoras y validadoras del conocimiento científico. A veces los paradigmas son compartidos por miembros de tales grupos. Si no se hace referencia a la naturaleza de estos elementos compartidos, muchos aspectos de la ciencia descritos en las páginas anteriores difícilmente se podrán entender. Pero otros aspectos sí, aunque no hayan sido presentados independientemente en mi texto original. Por tanto, vale la pena notar, antes de volverse directamente a los paradigmas, una serie de asuntos que requieren su referencia a la estructura de la comunidad, exclusivamente.

Probablemente el más notable de éstos es lo que antes he llamado la transición del periodo pre-paradigma al post-paradigma en el desarrollo de un campo científico. Tal transición es la que fue esbozada antes, en la Sección II. Antes de que ocurra, un buen número de escuelas estarán compitiendo por el dominio de un ámbito dado. Después, en la secuela de algún notable logro científico, el número de escuelas se reduce grandemente, ordinariamente a una, y comienza entonces un modo más eficiente de práctica científica. Este último generalmente es esotérico, orientado hacia la solución de enigmas, como el trabajo de un grupo puede ser cuando sus miembros dan por sentadas las bases de su estudio.

La naturaleza de esa transición a la madurez merece un análisis más completo del que ha recibido en este libro, particularmente de aquellos interesados en el avance de las ciencias sociales contemporáneas. Con ese fin puede ser útil indicar que la transición no tiene que estar aso-

ciada (ahora creo que no debe estarlo) con la primera adquisición de un paradigma. Los miembros de todas las comunidades científicas, incluso de las escuelas del periodo "preparadigma" comparten las clases de elementos que, colectivamente, he llamado un "paradigma". Lo que cambia con la transición a la madurez no es la presencia de un paradigma, sino, antes bien, su naturaleza. Sólo después del cambio es posible una investigación normal de la solución de enigmas. Muchos de los atributos de una ciencia desarrollada, que antes he asociado con la adquisición de un paradigma, serán considerados, por tanto, como consecuencias de la adquisición de la clase de paradigmas que identifica los enigmas más intrigantes, que aporta claves para su solución y que garantiza el triunfo del practicante verdaderamente capaz. Sólo quienes han cobrado ánimo observando que su propio campo (o escuela) tiene paradigmas sentirán, probablemente, que el cambio sacrifica algo importante.

Un segundo asunto, más importante al menos para los historiadores, implica la identificación hecha en este libro, de las comunidades científicas, una a una, con las materias científicas. Es decir, repetidamente he actuado como si, por ejemplo, la "óptica física", la "electricidad" y el "calor" debieran señalar comunidades científicas porque designan materias de investigación. La única alternativa que mi texto ha parecido dejar consiste en que todos estos temas han pertenecido a la comunidad científica. Sin embargo, las identificaciones de tal índole no resisten un examen, como repetidas veces lo han señalado mis colegas en materia de historia. Por ejemplo, no hubo una comunidad de físicos antes de mediados del siglo XIX, y entonces fue formada por una amalgamación de partes de dos comunidades an-

tes separadas: las matemáticas y la filosofía natural (*physique expérimentale*). Lo que hoy es materia para una sola extensa comunidad ha estado distribuido de varios modos, en el pasado, entre diversas comunidades. Otros temas de estudio más reducidos, por ejemplo el calor y la teoría de la materia, han existido durante largos periodos sin llegar a convertirse en campo exclusivo de ninguna comunidad científica en especial. Sin embargo, tanto la ciencia normal como las revoluciones son actividades basadas en comunidades. Para descubrirlas y analizarlas es preciso desentrañar la cambiante estructura de las ciencias con el paso del tiempo. En primer lugar, un paradigma no gobierna un tema de estudio, sino, antes bien, un grupo de practicantes. Todo estudio de una investigación dirigida a los paradigmas o a destruir paradigmas debe comenzar por localizar al grupo o los grupos responsables.

Cuando se enfoca de este modo el análisis del desarrollo científico, es probable que se desvanezcan algunas dificultades que habían sido focos de la atención de los críticos. Por ejemplo, un gran número de comentadores se han valido de la teoría de la materia para indicar que yo exageré radicalmente la unanimidad de los científicos en su fe en un paradigma. Hasta hace poco, señalan, esas teorías habían sido materia de continuo desacuerdo y debate. Yo convengo con la descripción, pero no creo que sea un ejemplo de lo contrario. Al menos hasta 1920, las teorías de la materia no fueron dominio especial ni objeto de estudio de ninguna comunidad científica. En cambio, fueron útiles de un buen número de grupos de especialistas. Los miembros de diferentes comunidades científicas a veces escogen útiles distintos y critican la elección hecha por otros. Algo aún más importante: una teoría de la materia no

es la clase de tema en que los miembros siquiera de una sola comunidad necesariamente deben convenir. La necesidad de un acuerdo depende de lo que hace la comunidad. La química de la primera mitad del siglo XIX resulta un caso oportuno. Aunque varios de los útiles fundamentales de la comunidad —proporción constante, proporción múltiple y pesos combinados— se han vuelto del dominio público como resultado de la teoría atómica de Dalton, era absolutamente posible que los químicos, ante el hecho consumado, basaran su labor en aquellos útiles y expresaran su desacuerdo, a veces con vehemencia, con respecto a la existencia de los átomos.

Creo que de la misma manera podrán disiparse algunas otras dificultades y equívocos. En parte a causa de los ejemplos que he escogido y en parte a causa de mi vaguedad con respecto a la naturaleza y las proporciones de las comunidades en cuestión, unos cuantos lectores de este libro han concluido que mi interés se basa fundamental y exclusivamente en las grandes revoluciones, como las que suelen asociarse a los nombres de Copérnico, Newton, Darwin o Einstein. Sin embargo, yo creo que una delineación más clara de la estructura comunitaria ayudaría a iluminar la impresión bastante distinta que yo he querido crear. Para mí, una revolución es una clase especial de cambio, que abarca cierta índole de reconstrucción de los compromisos de cada grupo. Pero no tiene que ser un gran cambio, ni siquiera parecer un cambio revolucionario a quienes se hallen fuera de una comunidad determinada, que acaso no consista más que en unas veinticinco personas. Y simplemente porque este tipo de cambio, poco reconocido o analizado en la bibliografía de la filosofía de la ciencia, ocurre tan regularmente en esta escala menor, es tan urgente

comprender el cambio revolucionario, en contraste con el acumulativo.

Una última alteración, íntimamente relacionada con la anterior, puede ayudarnos a hacer más fácil esa comprensión. Un buen número de críticos han dudado de que una crisis, la observación común de que algo anda mal, preceda tan invariablemente las revoluciones como yo lo he dicho, implícitamente, en mi texto original. Sin embargo, nada de importancia en mi argumento depende de que las crisis sean un requisito absoluto para la revolución. Tan solo necesitan ser el preludio habitual, que aporte, por decirlo así, un mecanismo de auto-corrección que asegure que la rigidez de la ciencia normal no siga indefinidamente sin ser puesta en duda. También pueden inducirse de otras maneras las revoluciones, aunque creo que ello ocurra raras veces. Además, deseo señalar ahora lo que ha quedado oscurecido antes por falta de un adecuado análisis de la estructura comunitaria: las crisis no tienen que ser generadas por la labor de la comunidad que las experimenta y que a veces, como resultado, pasa por una revolución. Nuevos instrumentos como el microscopio electrónico o leyes nuevas como la de Maxwell pueden desarrollarse en una especialidad, y su asimilación puede crear crisis en otras.

2. Los paradigmas como constelación de compromisos del grupo

Volvámonos ahora a los paradigmas y preguntemos que pueden ser. Mi texto original no deja ninguna cuestión más oscura o más importante. Un lector partidario de mis ideas, quien comparte mi convicción de que "paradigma" indica los elementos filosóficos centrales del libro, ha pre-

parado un índice analítico parcial, y ha concluido que el término ha sido aplicado al menos de veintidós modos distintos.⁷ Creo ahora que la mayor parte de esas diferencias se deben a incongruencias de estilo (por ejemplo, las leyes de Newton a veces son un paradigma, a veces partes de un paradigma y a veces son paradigmáticas), y pueden ser eliminadas con relativa facilidad. Pero, una vez hecha tal labor de corrección, aún quedarían dos usos muy distintos del término, que requieren una completa separación. El uso más global es el tema de esta subsección; el otro será considerado en la siguiente.

Habiendo aislado una particular comunidad de especialistas mediante técnicas como las que acabamos de analizar, resultaría útil plantearse la siguiente pregunta: ¿qué comparten sus miembros que explique la relativa plenitud de su comunicación profesional y la relativa unanimidad de sus juicios profesionales? A esta pregunta mi texto original responde: un paradigma o conjunto de paradigmas. Pero para el caso, a diferencia del que hemos visto antes, el término resulta inapropiado. Los propios científicos dirían que comparten una teoría o conjunto de teorías, y yo quedaré satisfecho si el término, a fin de cuentas, puede volver a aplicarse para ese uso. Sin embargo, tal como se emplea en la filosofía de la ciencia el término "teoría", da a entender una estructura mucho más limitada en naturaleza y dimensiones de la que requerimos aquí. Mientras el término no quede libre de sus actuales implicaciones, resultará útil adoptar otro, para evitar confusiones. Para nuestros propósitos presentes sugiero "matriz disciplinaria": "disciplinaria" porque se refiere a la posesión común de quienes practican una disciplina particular; "matriz" por-

⁷ Masterman, *op. cit.*

que está compuesta por elementos ordenados de varias índoles, cada uno de los cuales requiere una ulterior especificación. Todos o la mayor parte de los objetos de los compromisos de grupo que en mi texto original resultan paradigmas o partes de paradigmas, o paradigmáticos, son partes constituyentes de la matriz disciplinaria, y como tales forman un todo y funcionan en conjunto.

No obstante lo anterior, no se les debe analizar como si fueran todos de una sola pieza. No intentaré esbozar una lista completa, pero haré notar cuáles son las principales clases de componentes de una matriz disciplinaria y aclararé así tanto la naturaleza de mi actual enfoque, lo que nos preparará, simultáneamente, para mi siguiente argumento importante.

Una clase importante de componente al que llamaré "generalizaciones simbólicas", teniendo en mente tales expresiones, desplegadas sin duda ni disensión por unos miembros del grupo, fácilmente puede presentarse en una forma lógica como (x) (y) (z) (x, y, z) . Tales son los componentes formales, o fácilmente formalizables, de la matriz disciplinaria. En algunas ocasiones ya se les encuentra en una forma simbólica: $f = ma$ o $I = V/R$. Otras habitualmente se expresan en palabras: "los elementos se combinan en proporción constante por el peso" o "acción igual reacción". De no ser por la aceptación general de expresiones como éstas, no habría puntos en que los miembros del grupo pudieran basar las poderosas técnicas de la manipulación lógica y matemática en su empresa de solución de problemas. Aunque el ejemplo de la taxonomía parece indicar que la ciencia normal puede proceder con pocas expresiones semejantes, el poder de una ciencia, generalmente, parece aumentar con el

número de generalizaciones simbólicas que tienen a su disposición quienes la practican.

Estas generalizaciones parecen leyes de la naturaleza, pero para los miembros del grupo, su función, a menudo, no es tan sólo ésa. Es a veces, por ejemplo, la Ley de Joule-Lenz, $H = RI^2$. Cuando se descubrió esa ley, los miembros de la comunidad ya sabían lo que representaban H , R e I ; estas generalizaciones simplemente les enseñaban algo acerca de cómo proceden el calor, la corriente y la resistencia, algo que no habían sabido antes. Pero más a menudo, como lo indica un análisis anterior de este mismo libro, las generalizaciones simbólicas, simultáneamente, sirven a una segunda función, que habitualmente es claramente separada en los análisis de los filósofos de la ciencia. Así, $f = ma$, o $I V/R$, funcionan en parte como leyes, pero también en parte como definiciones de algunos de los símbolos que muestran. A mayor abundamiento, el equilibrio entre su inseparable fuerza legislativa y definidora cambia con el tiempo. En otro contexto, estos argumentos valdrían la pena de hacer un análisis detallado, pues la naturaleza del compromiso con una ley es muy distinta de la del compromiso con una definición. A menudo las leyes pueden corregirse parte por parte, pero las definiciones, al ser tautologías, no se pueden corregir. Por ejemplo, una parte de lo que exigía la aceptación de la Ley de Ohm era una redefinición tanto de "corriente" como de "resistencia"; si tales términos hubieran seguido significando lo que antes significaban, la Ley de Ohm no habría podido ser cierta; tal es la razón por la que encontró una oposición tan enconada, a diferencia de la Ley de Joule-Lenz.⁸ Probablemente tal situación es caracte-

⁸ Para conocer partes significativas de este episodio véase "The Electric Current in Early Nineteenth-Century

rística. Ahora yo sospecho que todas las revoluciones, entre otras cosas, implican el abandono de generalizaciones cuya fuerza, previamente, había sido la fuerza de las tautologías. ¿Demostró Einstein que la simultaneidad era relativa, o bien alteró la propia noción de simultaneidad? ¿Simplemente estaban equivocados quienes encontraron una paradoja en la frase "relatividad de la simultaneidad"?

Consideremos ahora un segundo tipo de componente de la matriz disciplinaria, componente acerca del cual se ha dicho ya bastante en mi texto original, bajo títulos como el de "paradigma metafísico" o "las partes metafísicas de los paradigmas". Estoy pensando en compromisos compartidos con creencias tales como: el calor es la energía cinética de las partes constituyentes de los cuerpos; todos los fenómenos perceptibles se deben a la interacción de átomos cualitativamente neutrales en el vacío o bien, en cambio, a la materia y la fuerza, o a los campos. Al reescribir el libro describiría yo ahora tales compromisos como creencias en modelos particulares, y extendería los modelos de categorías para que también incluyeran una variedad relativamente heurística: el circuito eléctrico puede ser considerado como un sistema hidrodinámico de estado estacionario; las moléculas de un gas actúan como minúsculas bolas de billar, elásticas, en un movimiento producido al azar. Aunque varía la fuerza de los compromisos del grupo, con consecuencias no triviales, a lo largo del espectro de los modelos heurístico a ontológico, sin embargo todos los modelos tienen funciones similares. Entre otras co-

French Physics", de T. M. Brown, *Historical Studies in the Physical Sciences*, I (1969), 61-103 y "Resistance to Ohm's Law", de Morton Schagrin, *American Journal of Physics*, XXI (1963), 536-47.

sas, dan al grupo sus analogías y metáforas preferidas o permisibles. Y al hacer esto ayudan a determinar lo que será aceptado como explicación y como solución de problemas; a la inversa, ayudan en la determinación de la lista de enigmas no resueltos y en la evaluación de la importancia de cada uno. Sin embargo, obsérvese que los miembros de las comunidades científicas acaso no compartan ni siquiera los modelos heurísticos, aunque habitualmente sí lo hacen. Ya he indicado que durante la primera parte del siglo XIX se podía pertenecer a la comunidad de los químicos sin creer por ello, necesariamente, en los átomos.

Ahora describiré aquí como valores a una tercera clase de elementos de la matriz disciplinaria. Habitualmente se les comparte entre diferentes comunidades, más generalmente que las generalizaciones simbólicas o los modelos, y hacen mucho para dar un sentido de comunidad a los científicos naturalistas en conjunto. Aunque funcionan en todo momento, su importancia particular surge cuando los miembros de una comunidad particular deben identificar una crisis o, después, escoger entre formas incompatibles de practicar su disciplina. Probablemente los valores más profundamente sostenidos se refieren a las predicciones: deben ser exactas; las predicciones cuantitativas son preferibles a las cualitativas; sea cual fuere el margen de error admisible, debe ser continuamente respetado en un campo determinado, y así por el estilo. Sin embargo, también hay valores que deben aplicarse al juzgar teorías enteras: antes que nada, deben permitir la formulación y solución de enigmas; cuando sea posible deben ser sencillas, coherentes y probables, es decir, compatibles con otras teorías habitualmente sostenidas. (Considero ahora como una flaqueza de mi texto original el haber prestado poca

atención a valores tales como la coherencia interna y externa al considerar las causas de crisis y factores de elección de teorías). También existen otras clases de valores, por ejemplo, la ciencia debe ser (o no tiene que serlo necesariamente) útil para la sociedad, pero lo anterior indica aquello que tengo en mente.

Sin embargo, un aspecto de los valores compartidos requiere en este punto una mención particular. En un grado más considerable que otras clases de componentes de la matriz disciplinaria, los valores deben ser compartidos por personas que difieren en su aplicación. Los juicios de precisión y exactitud son relativamente estables, aunque no enteramente, de una vez a otra y de un miembro a otro en un grupo particular. Pero los juicios de sencillez, coherencia, probabilidad y similares a menudo varían grandemente de individuo a individuo. Lo que para Einstein resultaba una incoherencia insoportable en la antigua teoría de los *quanta*, incoherencia tal que hacía imposible la investigación de una ciencia normal, fue para Bohr y para otros sólo una dificultad que, por los medios normales, podía resolverse. Algo más importante aún: en aquellas situaciones en que hay que aplicar valores, los diferentes valores, tomados por separado, a menudo obligarán a hacer diferentes elecciones. Una teoría puede resultar más precisa pero menos coherente o probable que otra; asimismo, la antigua teoría de los *quanta* nos ofrece un ejemplo. En suma, aunque los valores sean generalmente compartidos por los hombres de ciencia y aunque el compromiso con ellos sea a la vez profundo y constitutivo de la ciencia, la aplicación de valores a menudo se ve considerablemente afectada por los rasgos de la personalidad individual que diferencia a los miembros del grupo.

Para muchos lectores de los anteriores capítulos, esta característica de la operación de los valores compartidos ha parecido una considerable flaqueza de la posición que he adoptado. Como insisto en que aquello que comparten los hombres de ciencia no es suficiente para imponer un acuerdo uniforme acerca de cuestiones tales como la opción entre teorías competitivas o la distinción entre una anomalía ordinaria y otra que provoca crisis, ocasionalmente se me ha acusado de glorificar la subjetividad y aun la irracionalidad.⁹ Pero tal reacción ha pasado por alto dos características que muestran los juicios de valor en cualquier campo. En primer lugar, los valores compartidos pueden ser importantes y determinantes del comportamiento del grupo, aun cuando los miembros del grupo no los apliquen todos de la misma manera. (Si tal no fuera el caso, no habría *especiales* problemas filosóficos acerca de la teoría del valor o la estética). No todos los hombres pintaron de la misma manera durante los periodos en que la representación era un valor primario, pero la pauta de desarrollo de las artes plásticas cambió radicalmente al ser abandonado tal valor.¹⁰ Imagínesse lo que ocurriría en las ciencias si la coherencia dejase de ser un valor fundamental. En segundo lugar, la variabilidad individual en la aplicación de los valores compartidos puede servir a funciones esenciales para la ciencia. Los puntos en que deben aplicarse los valores son invariablemente aquellos en que de-

⁹ Véase particularmente: "Meaning and Scientific Change", de Dudley Shapere, en *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), 41-85; *Science and Subjectivity*, de Israel Scheffler (Nueva York, 1967); y el ensayo de Sir Karl Popper de Imre Lakatos en *Growth of Knowledge*.

¹⁰ Véase la discusión al principio de la sección XIII.

ben correrse riesgos. La mayor parte de las anomalías se resuelve por medios normales; la mayoría de las proposiciones de nuevas teorías resultan erróneas. Si todos los miembros de una comunidad respondiesen a cada anomalía como causa de crisis o abrazaran cada nueva teoría propuesta por un colega, la ciencia dejaría de existir. En cambio, si nadie reaccionara a las anomalías o a las flamantes teorías de tal manera que se corrieran grandes riesgos, habría pocas o ninguna revoluciones. En asuntos como estos el recurrir a los valores compartidos, antes que a las reglas compartidas que gobiernan la elección individual, puede ser el medio del que se vale la comunidad para distribuir los riesgos y asegurar, a la larga, el éxito de su empresa.

Volvámonos ahora a una cuarta especie de elemento de la matriz disciplinaria, no la única restante, pero sí la última que analizaré aquí. Para ella resultaría perfectamente apropiado el término "paradigma", tanto en lo filológico como en lo autobiográfico; se trata del componente de los compromisos compartidos por un grupo, que inicialmente me llevaron a elegir tal palabra. Sin embargo, como el término ha cobrado una vida propia, lo sustituiré aquí por "ejemplares". Con él quiero decir, inicialmente, las concretas soluciones de problemas que los estudiantes encuentran desde el principio de su educación científica, sea en los laboratorios, en los exámenes, o al final de los capítulos de los textos de ciencia. Sin embargo, a estos ejemplos compartidos deben añadirse al menos algunas de las soluciones de problemas técnicos que hay en la bibliografía periódica que los hombres de ciencia encuentran durante su carrera de investigación post-estudiantil, y que también les enseñan, mediante el ejemplo, cómo deben realizar su tarea. Más que

otras clases de componentes de la matriz disciplinaria, las diferencias entre conjuntos de ejemplares dan a la comunidad una finísima estructura de la ciencia. Por ejemplo, todos los físicos empiezan aprendiendo los mismos ejemplares: problemas tales como el plano inclinado, el péndulo cónico y las órbitas keplerianas, instrumentos como el vernier, el calorímetro y el puente de Wheatstone. Sin embargo, al avanzar su preparación, las generalizaciones simbólicas que comparten se ven ilustradas cada vez más a menudo por diferentes ejemplares. Aunque tanto los físicos especializados en transistores como los físicos teóricos de un campo comparten y aceptan la ecuación de Schrödinger, tan solo sus aplicaciones más elementales son comunes a ambos grupos.

3. Los paradigmas como ejemplos compartidos

El paradigma como ejemplo compartido es el elemento central de lo que hoy considera como el aspecto más novedoso y menos comprendido de este libro. Por lo tanto, sus ejemplares requieren más atención que las otras clases de componentes de la matriz disciplinaria. Los filósofos de la ciencia habitualmente no han elucidado los problemas que encuentra el estudiante en los laboratorios o en los textos de ciencia, pues se supone que éstos tan solo aportan una práctica en la aplicación de aquello que ya sabe el estudiante. Se dice que no puede resolver problemas a menos que ya conozca la teoría y algunas reglas para su aplicación. El conocimiento científico se halla como empotrado en la teoría y la regla; se ofrecen problemas para darle facilidad a su aplicación. Sin embargo, yo he tratado de sostener que esta localización del conocimiento cognoscitivo de la ciencia es un error. Después que

el estudiante ha resuelto muchos problemas, tan solo podrá lograr más facilidad si resuelve más aún. Pero al principio y durante cierto tiempo, resolver problemas es aprender cosas consecutivas acerca de la naturaleza. A falta de tales ejemplares, las leyes y teorías que previamente haya aprendido tendrán muy escaso contenido empírico.

Para indicar lo que tengo en mente volveré por un momento a las generalizaciones simbólicas. Un ejemplo muy extensamente compartido es la Segunda Ley del Movimiento, de Newton, generalmente escrita como $f = ma$. Los sociólogos, por ejemplo, o los lingüistas que descubren que la expresión correspondiente ha sido proferida y recibida sin problemas por los miembros de una comunidad dada, no habrán aprendido mucho, sin gran investigación adicional, acerca de lo que significa la expresión o los términos que la forman, acerca de cómo los científicos de la comunidad relacionan la expresión con la naturaleza. En realidad, el hecho de que la acepten sin ponerla en tela de duda y que la utilicen en un punto en el cual introducen la manipulación lógica y matemática, no implica por sí mismo que todos convengan en cosas tales como significado y aplicación. Desde luego, convienen hasta un grado considerable, o el hecho rápidamente saldría a la luz a partir de sus subsiguientes conversaciones. Pero bien podemos preguntar en qué punto y por qué medio han llegado a ello. ¿Cómo han aprendido, ante una situación experimental dada, a escoger las fuerzas, masas y aceleraciones pertinentes?

En la práctica, aunque este aspecto de la situación pocas veces o nunca se nota, lo que los estudiantes tienen que aprender es aún más complejo que todo eso. No es exactamente que la

manipulación lógica y matemática se aplique directamente a $f = ma$. Una vez examinada, la expresión resulta un esbozo de ley o un esquema de ley. Cuando el estudiante o el científico practicante pasa de una situación problemática a la siguiente, cambia la generalización simbólica a la que se aplican tales manipulaciones. Para el caso de la caída libre, $f = ma$ se convierte en $mg = m \frac{d^2s}{dt^2}$; para el péndulo simple se transfor-

ma en $mg \sin \theta = -ml \frac{d^2\theta}{dt^2}$; para una pareja de osciladores armónicos que actúan uno sobre otro se convierte en dos ecuaciones, la primera de las cuales puede escribirse así: $m_1 \frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d)$; y para situaciones más complejas, tales como las del giróscopo, toma otras formas, cuyo parecido familiar con $f = ma$ es todavía más difícil de descubrir. Sin embargo, mientras aprende a identificar fuerzas, masas y aceleraciones en toda una variedad de situaciones físicas nunca antes encontradas, el estudiante también ha aprendido a diseñar la versión adecuada de $f = ma$ a través de la cual puede interrelacionarlas, y a menudo una versión para la cual nunca ha encontrado un equivalente literal. ¿Cómo ha aprendido a hacer todo esto?

Un fenómeno conocido tanto de los estudiantes de la ciencia como de sus historiadores nos ofrece una clave. Los primeros habitualmente informan que han seguido de punta a cabo un capítulo de su texto, que lo han comprendido a la perfección, pero que sin embargo tienen dificultades para resolver muchos de los problemas colocados al final del capítulo. Por lo general, asimismo, estas dificultades se disuelven de la misma manera.

Con o sin ayuda de su instructor, el estudiante, descubre una manera de ver su problema, como un problema que ya había encontrado antes. Una vez captada la similitud, percibida la analogía entre dos o más problemas distintos, puede interrelacionar símbolos y relacionarlos con la naturaleza de las maneras que ya han resultado efectivas antes. El esbozo de ley, como por ejemplo $f = ma$, ha funcionado como instrumento, informando al estudiante de las similitudes que debe buscar, mostrándole la *Gestalt* en que puede verse la situación. La resultante capacidad para percibir toda una variedad de situaciones como similares, como sujeto para $f = ma$ o para alguna otra generalización simbólica es, en mi opinión, lo principal que adquiere un estudiante al resolver problemas ejemplares, sea con papel y lápiz o en un laboratorio bien provisto. Después de completar un cierto número, que puede variar extensamente de un individuo al siguiente, contempla la situación a la que se enfrenta como un científico en la misma *Gestalt* que otros miembros de su grupo de especialistas. Para él ya no son las mismas situaciones que había encontrado al comenzar su preparación. En el ínterin ha asimilado una manera de ver las cosas, comprobada por el tiempo y sancionada por su grupo.

El papel de las relaciones de similitud adquiridas también se muestra claramente en la historia de las ciencias. Los científicos resuelven los enigmas modelándolos sobre anteriores soluciones de enigmas, a menudo recurriendo apenas a las generalizaciones simbólicas. Galileo descubrió que una bola que rueda por una pendiente adquiere la velocidad exactamente necesaria para volver a la misma altura vertical en una segunda pendiente de cualquier cuesta, y aprendió a ver tal situación experimental como el péndulo con una masa

puntual como lenteja. Huyghens resolvió entonces el problema de la oscilación de un péndulo físico imaginando que el cuerpo extendido de este último se componía de unos péndulos puntuales galileicos, y que los nexos entre ambos podían soltarse instantáneamente en cualquier punto de su vaivén. Una vez sueltos los vínculos, podrían balancearse libremente los péndulos puntuales, pero su colectivo centro de gravedad cuando cada uno llegara a su punto más alto, como el del péndulo de Galileo, tan sólo subiría a la altura desde la cual había empezado a caer el centro de gravedad del péndulo extendido. Finalmente, Daniel Bernoulli descubrió cómo hacer que el flujo de agua que pasa por un orificio se pareciera al péndulo de Huyghens. Determinése el descenso del centro de gravedad del agua que hay en el tanque y del chorro durante un infinitesimal intervalo de tiempo. Luego imagínese que cada partícula de agua después avanza separadamente, hacia arriba, hasta la máxima altura alcanzable con la velocidad adquirida durante el intervalo. El ascenso del centro de gravedad de las partículas individuales entonces debe equipararse con el descenso del centro de gravedad del agua que hay en el tanque y el chorro. Desde tal punto, la tan largamente buscada velocidad del efluvio apareció inmediatamente.¹¹ Este ejemplo debe empezar a poner en claro lo que quiero decir con aprender

¹¹ Véase un ejemplo en: *A History of Mechanics*, de René Dugas, traducción al inglés de J. R. Maddox (Neuchatel, 1955) pp. 135-36, 186-93, e *Hidrodinámica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum*, de Daniel Bernoulli (Estrasburgo, 1738), Sec. 3. Para ver el grado de desarrollo alcanzado por la mecánica durante la primera mitad del siglo XVIII, modelando una solución sobre otra, véase: "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*", de Clifford Truesdell, *Texas Quarterly*, X (1967), pp. 238-58.

a partir de los problemas, a ver situaciones como similares, como sujetas a la aplicación de la misma ley o esbozo de ley científica. Simultáneamente, debe mostrar por qué me refiero al conocimiento consecuencial de la naturaleza, adquirido mientras se aprendía la relación de similitud y, después, incorporado a una forma de ver las situaciones físicas, que no en reglas o leyes. Los tres problemas del ejemplo, todos ellos ejemplares para los mecánicos del siglo XVIII, muestran tan solo una ley de la naturaleza. Conocida como el Principio de *vis viva*, habitualmente se planteaba como "descenso real igual a ascenso potencial". La aplicación hecha por Bernoulli de tal ley debe mostrarnos cuán consecuencial era. Y sin embargo, el planteamiento verbal de la ley, en sí mismo, es virtualmente impotente. Preséntesele a un actual estudiante de física, que conozca las palabras y que puede resolver todos sus problemas, pero que hoy se vale de medios distintos. Luego imagínese lo que las palabras, aunque bien conocidas, pueden haber dicho a un hombre que no conociera siquiera los problemas. Para él la generalización podía empezar a funcionar tan solo cuando aprendiera a reconocer los "descensos reales" y los "ascensos potenciales" como ingredientes de la naturaleza, y ello ya es aprender algo, anterior a la ley, acerca de las situaciones que la naturaleza presenta y no presenta. Tal suerte de aprendizaje no se adquiere exclusivamente por medios verbales; antes bien, surge cuando se unen las palabras con los ejemplos concretos de cómo funcionan en su uso; naturaleza y palabra se aprenden al unísono. Utilizando una vez más una útil frase de Michael Polanyi, lo que resulta de este proceso es un "conocimiento tácito" que se obtiene practicando la ciencia, no adquiriendo reglas para practicarla.

4. Conocimiento tácito e intuición

Tal referencia al conocimiento tácito y el consecuente rechazo de las reglas ponen en relieve otro problema que ha interesado a muchos de mis críticos y que pareció aportar una base para acusarme de subjetividad e irracionalidad. Algunos lectores han considerado que yo estaba tratando de hacer que la ciencia se basara en intuiciones individuales inanalizables, antes que en la ley y en la lógica. Pero tal interpretación resulta desviada en dos aspectos esenciales. En primer lugar, si estoy hablando siquiera acerca de intuiciones, no son individuales. Antes bien, son las posesiones, probadas y compartidas, de los miembros de un grupo que han logrado éxito, y el practicante bisoño las adquiere mediante su preparación, como parte de su aprendizaje para llegar a pertenecer a un grupo. En segundo lugar, en principio no son inanalizables. Por el contrario, actualmente estoy experimentando con un programa de computadoras destinado a investigar sus propiedades a un nivel elemental. Acerca de tal programa no tengo nada que decir aquí,¹² pero hasta una mención de él debe probar mi punto más esencial. Cuando hablo de un conocimiento incorporado a unos ejemplos compartidos, no estoy refiriéndome a un modo de conocimiento que sea menos sistemático o menos analizable que el conocimiento incorporado a las reglas, leyes o normas de la ejemplificación. En cambio, tengo en mente un modo de conocer deficientemente construido, aunque haya sido reconstruido de acuerdo con las reglas tomadas de ejemplares, y que después han funcionado en lugar de estos. O, para decir la misma cosa de otro modo, cuan-

¹² Alguna información sobre este tema puede encontrarse en "Second Thoughts".

do hablo de adquirir de unos paradigmas la capacidad de reconocer una situación dada como parecida o no parecida a otras antes vistas, no estoy indicando un progreso que no sea, potencialmente, del todo explicable en términos del mecanismo neuro-cerebral. En cambio, estoy afirmando que la explicación, por su naturaleza, no responderá a la pregunta "¿similar con respecto a qué?" Tal pregunta es una petición de una regla, en este caso de unas normas por las cuales unas situaciones particulares se agrupan en conjuntos de similitud, y estoy afirmando que la tentación de buscar normas (o al menos un conjunto completo) debe resistirse en este caso. Sin embargo, no es al sistema al que me estoy oponiendo, sino a una clase particular de sistema.

Para dar más sustancia a mi argumento, tendrá que hacer una breve digresión. Lo que sigue me parece obvio en la actualidad, pero el constante recurrir en mi texto original a frases como "el mundo cambia" parece indicar que no siempre fue así. Si dos personas se encuentran en el mismo lugar y miran en la misma dirección, debemos, bajo pena de caer en un solipsismo, concluir, que reciben unos estímulos muy similares. (Si ambos pudieran fijar su mirada en el mismo lugar, los estímulos serían idénticos). Pero la gente no ve estímulos; nuestro conocimiento de éstos es sumamente teórico y abstracto. En cambio, tienen sensaciones, y nada nos obliga a suponer que las sensaciones de nuestras dos personas sean las mismas. (Los escépticos acaso recordarán que la ceguera al color nunca fue advertida hasta que John Dalton la describió en 1794). Por el contrario, muchos procesos neurales ocurren entre la recepción de un estímulo y la conciencia de una sensación. Entre las otras cosas que sabemos con seguridad acerca de ello están: que muy diferen-

tes estímulos pueden producir las mismas sensaciones; que el mismo estímulo puede producir muy distintas sensaciones, y, finalmente que el camino del estímulo a la sensación está condicionado, en parte, por la educación. Individuos educados en distintas sociedades se comportan en algunas ocasiones como si vieran diferentes cosas. Si no tuviéramos la tentación de identificar los estímulos, uno a uno, con las sensaciones, podríamos reconocer que en realidad hacen eso.

Nótese ahora que dos grupos, cuyos miembros tienen sensaciones sistemáticamente distintas al recibir los mismos estímulos, en *cierto sentido* viven en diferentes mundos. Suponemos la existencia de los estímulos para explicar nuestras percepciones del mundo y suponemos su inmutabilidad para evitar el solipsismo, tanto individual como social. No tengo la menor reserva ante ninguna de las dos suposiciones. Pero nuestro mundo está poblado, en primer lugar, no por estímulos, sino por los objetos de nuestras sensaciones, y éstos no tienen que ser los mismos, de un individuo a otro, o de un grupo a otro. Por supuesto, hasta el grado en que los individuos pertenecen al mismo grupo y comparten así educación, idioma, experiencias y cultura, tenemos buenas razones para suponer que sus sensaciones son las mismas. ¿De qué otro modo deberíamos comprender la plenitud de su comunicación y lo común de sus respuestas conductistas a su medio? Deben de ver cosas, estímulos de procesos, de manera muy parecida. Pero donde empiezan las diferenciaciones y la especialización de los grupos, ya no tenemos una prueba similar de la inmutabilidad de las sensaciones. Sospecho que un mero provincialismo nos hace suponer que el camino de los estímulos a la sensación es el mismo para los miembros de todos los grupos.

Si volvemos ahora a los ejemplares y reglas, lo que he estado tratando de decir, por muy provisional que haya sido mi manera de hacerlo, es esto: una de las técnicas fundamentales por las que los miembros de un grupo, ya sea toda una cultura o una subcomunidad de especialistas dentro de ella, aprenden a ver las mismas cosas cuando se encuentran ante los mismos estímulos, es al verse ante ejemplos de situaciones que sus predecesores en el mismo grupo ya habían aprendido a ver como similares y como diferentes de otras especies de situaciones. Estas situaciones similares pueden ser sucesivas presentaciones sensorias del mismo individuo, digamos de una madre, básicamente reconocida de vista como lo que es, y como diferente del padre o de la hermana. Pueden ser presentaciones de los miembros de familias naturales, digamos de cisnes por una parte y de gansos por la otra. O bien, para los miembros de grupos más especializados, pueden ser ejemplos de la situación newtoniana, o de sus situaciones; es decir, que todos son similares ya que están sujetos a una versión de la forma simbólica $f = ma$ y que son distintos de las situaciones a las que, por ejemplo, se aplican los proyectos de ley de la óptica.

Admitamos por el momento que pueda ocurrir algo de esta índole. ¿Debemos decir que lo que se ha adquirido de unos ejemplares son las reglas y la capacidad de aplicarlas? Esta descripción es tentadora porque el hecho de que veamos una situación como parecida a las que hemos encontrado antes tiene que ser el resultado de un procesamiento neural, gobernado absolutamente por leyes físicas y químicas. En este sentido, en cuanto hemos aprendido a hacerlo, el reconocimiento de la similitud debe ser tan totalmente sistemático como el latir de nuestros corazones.

Pero ese paralelo mismo nos sugiere que el reconocimiento también puede ser involuntario, un proceso sobre el cual no tenemos ningún dominio. Si es así, entonces no debemos concebirlo propiamente como algo que logramos mediante la aplicación de reglas y normas. Hablar de él en estos términos implica que tenemos acceso a opciones; por ejemplo, acaso hayamos desobedecido una regla, o aplicado mal una norma, experimentado con otra forma de ver.¹³ Esas, lo acepto, son las clases de cosas que no podemos hacer.

O, más precisamente, son cosas tales que no podemos hacer hasta que hayamos tenido una sensación, que hayamos percibido algo; entonces a menudo buscamos normas y las ponemos en uso. Entonces podemos embarcarnos en una interpretación, proceso deliberativo por el cual escogemos entre alternativas, como no lo hacemos en la percepción misma. Quizás, por ejemplo, haya algo raro en lo que hemos visto (recuérdense unas barajas anormales). Al dar vuelta a una esquina vemos a mamá entrando en una tienda del centro en un momento en que creíamos que se encontraba en casa. Al contemplar lo que hemos visto, de pronto exclamamos: ¡"Esa no era mamá, pues tenía el cabello rojo!" Al entrar en la tienda vemos de nuevo a esa señora y no podemos entender cómo pudimos confundirla con mamá. O, quizá vemos las plumas de la cola de un ave que está tomando sus alimentos del fondo de una piscina. ¿Se trata de un cisne o un ganso? Contem-

¹³ Nunca hubiera sido necesario establecer este punto si todas las leyes fueran como las de Newton y todas las reglas como los Diez Mandamientos. En tal caso, la frase "quebrantar una ley", no tendría sentido y un rechazo de las reglas no parecería implicar un proceso no gobernado por leyes. Por desgracia las leyes de tránsito y productos similares de la legislación sí pueden quebrantarse, facilitando la confusión.

plamos lo que hemos visto y mentalmente comparamos las plumas de la cola con las de los cisnes y gansos que antes hemos visto. O quizás, si nos inclinamos hacia la ciencia, tan sólo queremos saber algunas características generales (la blancura de los cisnes, por ejemplo) de los miembros de una familia zoológica que fácilmente podamos reconocer. Una vez más, contemplamos lo que antes habíamos percibido, buscando lo que tengan en común los miembros de la familia dada.

Todos estos son procesos deliberativos, y en ellos buscamos y desplegamos normas y reglas. Es decir, tratamos de interpretar las sensaciones que ya tenemos, de analizar qué es lo dado para nosotros. Por mucho que hagamos eso, los procesos en cuestión finalmente deben ser neurales, y por tanto están gobernados por las mismas leyes físico-químicas que gobiernan la percepción, por una parte, y el latido de nuestros corazones, por la otra. Pero el hecho de que el sistema obedezca las mismas leyes en los tres casos no es una razón para suponer que nuestro aparato neural está programado para operar de la misma manera en la interpretación como en la percepción o en ambas como en el latir de nuestros corazones. A lo que hemos estado oponiéndonos en este libro es, por tanto, al intento, tradicional desde Descartes, pero no antes, de analizar la percepción como un proceso interpretativo, como una versión inconsciente de lo que hacemos después de haber percibido.

Lo que hace que la integridad de la percepción valga la pena de subrayarse es, por supuesto, que tanta experiencia pasada se encuentre incorporada en el aparato neural que transforma los estímulos en sensaciones. Un mecanismo perceptual apropiadamente programado tiene valor de supervivencia. Decir que los miembros de distin-

tos grupos pueden tener distintas percepciones cuando se encuentran ante los mismos estímulos no es implicar que tengan percepciones en absoluto. En muchos medios, el grupo que no podía diferenciar los perros de los lobos, no pudo subsistir. Tampoco podría un grupo de físicos nucleares de hoy sobrevivir como hombres de ciencia si no pudieran reconocer las huellas de las partículas y los electrones alfa. Es precisamente porque hay tan pocas maneras de ver por lo que aquellas que han pasado por las pruebas de uso del grupo son dignas de ser transmitidas de generación en generación. Asimismo, es porque han sido seleccionadas por su triunfo sobre el tiempo histórico por lo que tenemos que hablar de la experiencia y el conocimiento de la naturaleza incorporados en el camino del estímulo a la sensación.

Quizás "conocimiento" no sea la palabra adecuada, pero hay razones para valernos de ella. Lo que está incluido en el proceso neural que transforma los estímulos en sensaciones tiene las características siguientes: ha sido transmitido por medio de la educación; tentativamente, ha resultado más efectivo que sus competidores históricos en el medio actual de un grupo; y, finalmente, está sujeto a cambio, tanto por medio de una nueva educación como por medio del descubrimiento de incompatibilidad con el medio. Tales son características del conocimiento, y ello explica por qué aplico yo ese término. Pero es un uso extraño, porque falta otra característica. No tenemos acceso directo a lo que es aquello que sabemos, no tenemos reglas de generalización con que expresar este conocimiento. Las reglas que pudieran darnos tal acceso se referían a los estímulos, no a las sensaciones. Y solo podemos conocer los estímulos mediante una elaborada

teoría. A falta de ella, el conocimiento incluido en el camino del estímulo de sensación sigue siendo tácito.

Lo que antes se ha dicho acerca de la sensación, aunque obviamente preliminar, y que por ello no tiene que ser exacto en todos sus detalles, ha sido considerado literalmente. Por lo menos, es una hipótesis acerca de la visión que debe someterse a la investigación experimental, aunque, probablemente, no a una verificación directa. Pero hablar así de ver y de sensaciones también sirve aquí a unas funciones metafóricas, como en todo el cuerpo de este libro. No *vemos* los electrones, sino antes bien su recorrido, o bien burbujas de vapor en una cámara anublada. No *vemos* para nada las corrientes eléctricas, sino, antes bien, la aguja de un amperímetro o de un galvanómetro. Sin embargo, en las páginas anteriores, particularmente en la Sección X, repetidas veces he procedido como si en realidad percibiéramos entidades teóricas, como corrientes, electrones y campos, como si aprendiésemos a hacerlo examinando ejemplos, y como si en todos estos casos fuese erróneo dejar de hablar de "ver". La metáfora que transfiere "ver" a contextos similares, apenas resulta base suficiente para tales afirmaciones. A la larga, tendrá que ser eliminada en favor de un modo de discurso más literal.

El programa de computadoras antes referido empieza a indicar las maneras en que esto pueda hacerse, pero ni el espacio de que disponemos ni el grado de mi actual comprensión me permiten eliminar aquí la metáfora.¹⁴ En cambio, breve-

¹⁴ Para los lectores de "Second Thoughts", las siguientes observaciones crípticas pueden servir de guía. La posibilidad de un reconocimiento inmediato de los miembros de las familias naturales depende de la existencia, después del procesamiento neural, del espacio perceptual vacío entre las familias que deben ser discriminadas. Si

mente trataré de sostenerla. Ver unas gotitas de agua o una aguja contra una escala numérica es una primitiva experiencia perceptual para el hombre que no está acostumbrado a cámaras anubladas y amperímetros. Por ello, requiere contemplación, análisis e interpretación (o bien la intervención de una autoridad exterior) antes de que pueda llegarse a conclusiones acerca de electrones o de corrientes. Pero la posición de quien ha aprendido acerca de tales instrumentos y ha tenido una gran experiencia con tales ejemplos es muy distinta, y hay una diferencia correspondiente en la forma en que procesa los estímulos que le llegan a partir de aquellos. Contemplando el vapor de su aliento en una fría noche de invierno, su sensación puede ser la misma del lego, pero al ver una cámara anublada ve (aquí sí literalmente) no gotitas sino el rastro de electrones, partículas alfa, etc. Tales pistas, si el lector desea, son las normas que él interpreta como índices de la presencia de las partículas correspondientes, pero tal camino es a la vez más breve y distinto del que sigue aquél que interpreta las gotitas.

por ejemplo, hubiera un continuo percibido de las clases de aves acuáticas, desde los gansos hasta los cisnes, estaríamos obligados a introducir un criterio específico para distinguirlos. Algo similar puede decirse para entidades no observables. Si una teoría física sólo admite la existencia de una corriente eléctrica, entonces un pequeño número de normas, que pueden variar considerablemente de un caso a otro, sería suficiente para identificar la corriente, aun cuando no haya un conjunto de reglas que especifiquen las condiciones necesarias y suficientes para la identificación. El punto sugiere un corolario plausible, que puede ser más importante. Dado un conjunto de condiciones necesarias y suficientes para identificar una entidad teórica, esa entidad puede ser eliminada a partir de la ontología de una teoría por sustitución. Sin embargo, en ausencia de tales reglas, esas entidades no son eliminables; la teoría, entonces, exige su existencia.

O bien, consideremos al científico que inspecciona un amperímetro para determinar el número ante el cual se ha detenido la aguja. Su sensación probablemente sea la misma que la del profano, particularmente si este último ha leído antes otras clases de metros. Pero ha visto el metro (una vez más, a menudo literalmente) en el contexto de todo el circuito, y sabe algo acerca de su estructura interna. Para él, la posición de la aguja es una norma, pero tan solo del *valor* de la corriente. Para interpretarla sólo tiene que determinar en qué escala debe leerse el metro. En cambio, para el profano la posición de la aguja no es una norma de nada, excepto de sí misma. Para interpretarla, tendrá que examinar toda la posición de los alambres, internos y externos, experimentar con baterías e imanes, etc. En el uso metafórico tanto como en el literal de "ver", la interpretación empieza donde la percepción termina. Los dos procesos no son uno mismo, y lo que la percepción deja para que la interpretación lo complete depende radicalmente de la naturaleza y de la cantidad de la anterior experiencia y preparación.

5. Ejemplares, incommensurabilidad y revoluciones

Lo que hemos dicho antes nos ofrece una base para aclarar un aspecto más del libro: mis observaciones sobre la incommensurabilidad y sus consecuencias para los científicos que han debatido la opción entre teorías sucesivas.¹⁶ En las Secciones X y XII yo he afirmado que en tales debates, uno y otro bando inevitablemente ven de manera diferente algunas de las situaciones experimenta-

¹⁶ Los puntos que siguen son tratados con mayor detalle en las secciones 5 y 6 de "Reflections".

les u observacionales a las que tienen acceso. Sin embargo, como los vocabularios en que discuten de tales situaciones constan predominantemente de los mismos términos, tienen que estar remitiendo algunos de tales términos a la naturaleza de una manera distinta, y su comunicación, inevitablemente, resulta sólo parcial. Como resultado, la superioridad de una teoría sobre otra es algo que no puede demostrarse en el debate. En cambio, como he insistido, cada bando, mediante la persuasión, debe tratar de convertir al otro. Tan solo los filósofos han interpretado con graves errores la intención de estas partes de mi argumento. Sin embargo, muchos de ellos han asegurado que yo creo lo siguiente:¹⁶ los defensores de teorías incommensurables no pueden comunicarse entre sí, en absoluto; como resultado, en un debate sobre la elección de teorías no puede recurrirse a *buenas* razones: en cambio la teoría habrá de escogerse por razones que, a fin de cuentas, son personales y subjetivas; alguna especie de percepción mística es la responsable de la decisión a que al final se llegue. Más que ninguna otra parte de este libro, los pasajes en que se basan estas erróneas interpretaciones han sido responsables de las acusaciones de irracionalidad.

Considérense primero mis observaciones sobre la prueba. Lo que he estado tratando de explicar es un argumento sencillo, con el que desde hace largo tiempo están familiarizados los filósofos de la ciencia. Los debates sobre la elección de teorías no pueden tener una forma que se parezca por completo a la prueba lógica o matemática. En esta última, desde el principio quedan estipuladas las premisas y reglas de inferencia. Si hay desacuerdo acerca de las conclusiones, los bandos

¹⁶ Ver los trabajos citados en la nota 9 y, también el ensayo de Stephen Toulmin en *Growth of Knowledge*.

que participen en el siguiente debate podrán volver sobre sus pasos, uno por uno, revisando cada uno contra toda estipulación anterior. Al final de cada proceso, uno u otro tendrán que admitir que han cometido un error, que han violado una regla previamente aceptada. Después de tal admisión no tendrán a quien recurrir, y la prueba de su oponente resultará decisiva. En cambio, sólo si los dos descubren que difieren acerca del significado o de la aplicación de las reglas estipuladas, que el acuerdo anterior no ofrece una base suficiente para la prueba, sólo entonces continúa el debate en la forma que inevitablemente toma durante las revoluciones científicas. Tal debate es acerca de las premisas, y recurre a la persuasión como preludeo de la posibilidad de demostración.

En esta tesis, relativamente familiar, no hay nada que implique que no hay buenas razones para quedar persuadido, o que tales razones a fin de cuentas no son decisivas para el grupo. Tampoco implica siquiera que las razones para la elección son distintas de aquellas que habitualmente catalogan los filósofos de la ciencia: precisión, sencillez, utilidad y similares. Sin embargo, lo que debe indicar es que tales razones funcionan como valores y que así pueden aplicarse de manera diferente, individual y colectivamente, por los hombres que convienen en aceptarlas. Por ejemplo, si dos hombres no están de acuerdo acerca de la utilidad relativa de sus teorías, o si convienen en ellas pero no en la importancia relativa de la utilidad y, digamos, en el ámbito que ofrecen para llegar a una decisión, ninguno podrá quedar convencido de haberse equivocado. Tampoco estará siendo anticientífico ninguno de los dos. No hay un algoritmo neutral para la elección de teorías, no hay ningún procedimiento sistemático de decisión que, aplicado adecuadamente,

deba conducir a cada individuo del grupo a la misma decisión. En este sentido es la comunidad de los especialistas, que no sus miembros individuales, la que hace efectiva la decisión. Para comprender por qué se desarrolla la ciencia tal como lo hace, no es necesario desentrañar los detalles de biografía y personalidad que llevan a cada individuo a una elección particular, aunque esto ejerza una notable fascinación. Lo que debe comprenderse, en cambio, es el modo en que un conjunto particular de valores compartidos interactúa con las experiencias particulares que comparte toda una comunidad de especialistas para determinar que la mayoría de los miembros del grupo a fin de cuentas encuentren decisivo un conjunto de argumentos por encima de otro. Tal proceso es la persuasión, pero presenta un problema más profundo aún. Dos hombres que perciben la misma situación de modo diferente pero que sin embargo no se valen del mismo vocabulario, al discutirlo tienen que estar valiéndose de las palabras de un modo distinto. Es decir, hablan de lo que yo he llamado puntos de vista incommensurables. ¿Cómo pueden tener esperanzas de entenderse y mucho menos de ser persuasivos? Hasta una respuesta preliminar a tal pregunta requiere una mayor especificación de la naturaleza de la dificultad. Supongo que, al menos en parte, tal especificación toma la forma siguiente.

La práctica de la ciencia normal depende de la capacidad, adquirida a partir de ejemplares, de agrupar objetos y situaciones en conjuntos similares que son primitivos en el sentido en que el agrupamiento se hace sin contestar a la pregunta: "¿Similar con respecto a qué?" Un aspecto central de toda evolución es, entonces, que cambien algunas de las relaciones de similitud. Objetos que fueron agrupados en el mismo conjunto con

anterioridad se agrupan de diferentes maneras después, y viceversa. Piénsese en el Sol, la Luna, Marte y la Tierra antes y después de Copérnico; de la caída libre, del movimiento pendular y planetario antes y después de Galileo; o en sales, aleaciones y mezclas de hierros azufrados antes y después de Dalton. Como la mayor parte de los objetos, aun dentro de los conjuntos alterados, continúan agrupados, habitualmente se conservan los nombres de los conjuntos. No obstante, la transferencia de un subconjunto forma parte de un cambio crítico en la red de sus interrelaciones. Transferir los metales del conjunto de compuestos al conjunto de elementos desempeñó un papel esencial en el surgimiento de una nueva teoría de la combustión, de la acidez, y de la combinación física y química. En poco tiempo tales cambios habíanse extendido por todo el campo de la química. Por tanto, no es de sorprender que cuando ocurren tales redistribuciones, dos hombres cuyo discurso previamente había procedido con una comprensión aparentemente completa, de pronto puedan encontrarse respondiendo a un mismo estímulo con descripciones y generalizaciones incompatibles. Esas dificultades no se harán sentir en todos los campos, ni siquiera de su mismo discurso científico, pero sí se plantearán y se agruparán luego más densamente alrededor de los fenómenos de los cuales depende más la elección de una teoría.

Tales problemas, aun cuando por primera vez se hacen evidentes en la comunicación, no son meramente lingüísticos, y no pueden resolverse simplemente estipulando la definición de los términos más difíciles. Como las palabras alrededor de las cuales se agrupan las dificultades han sido aprendidas, en parte por su directa aplicación a ejemplares, quienes participan en una in-

terrupción de la comunicación no pueden decir: 'Yo uso la palabra 'elemento' (o 'mezcla' o 'planeta' o 'movimiento incontrolado') de manera determinada por las siguientes normas'. Es decir, no pueden recurrir a un lenguaje neutro que ambos apliquen de la misma manera y que sea adecuado al planteamiento de sus teorías o siquiera a las consecuencias empíricas de las teorías. Parte de la diferencia es anterior a la aplicación de los idiomas en que, sin embargo, se refleja.

Los hombres que experimentan tales interrupciones a la comunicación, por lo tanto, deben conservar algún recurso. Los estímulos que actúan sobre ellos son los mismos. Y también su aparato neural general, por muy distintamente programado que esté. A mayor abundamiento, excepto en una pequeña zona del conocimiento (aunque importantísima) aun su programación neural debe estar muy cerca de ser la misma, pues tienen en común una historia, excepto el pasado inmediato. Como resultado, tanto su mundo como su lenguaje científicos son comunes. Dado todo eso en común, debe poder descubrir mucho acerca de aquello en que difieren. Sin embargo, las técnicas requeridas no son ni directas ni confortables, ni partes del arsenal normal del científico. Los científicos rara vez las reconocen por lo que son, y rara vez las utilizan durante más tiempo del requerido para tratar de inducir a una conversión o para convencerse a sí mismos de que no podrán obtenerla.

En resumen, lo que pueden hacer quienes participan en una interrupción de la comunicación es reconocerse unos a otros como miembros de diferentes comunidades lingüísticas, y entonces se convierten en traductores.¹⁷ Tomando como ob-

¹⁷ La ya clásica fuente para la mayor parte de los as-

jeto de estudio las diferencias entre su propio discurso intragrupal e intergrupalo, pueden, en primer lugar, tratar de descubrir los términos y locuciones que, usados sin problemas dentro de la comunidad son, no obstante, focos de disturbio para las discusiones intergrupales. (Las locuciones que no presentan tales dificultades pueden traducirse homofónicamente). Habiendo aislado de la comunidad científica tales ámbitos de dificultad, en un esfuerzo más por dilucidar sus perturbaciones, pueden valerse del vocabulario que diariamente comparten. Es decir, cada uno puede hacer un intento de descubrir lo que el otro mundo ve y dice cuando se le presenta un estímulo que pudiera ser distinto de su propia respuesta verbal. Si pueden contenerse lo suficiente para no explicar un comportamiento anormal como consecuencia de un simple error o de locura, con el tiempo pueden volverse muy buenos pronosticadores del comportamiento del otro bando. Cada uno habrá aprendido a traducir la teoría del otro y sus consecuencias a su propio lenguaje y, simultáneamente, a describir en su idioma el mundo al cual se aplica tal teoría. Eso es lo que regularmente hacen (o debieran hacer) los historiadores de la ciencia cuando se enfrentan a teorías científicas anticuadas.

Como la traducción, si se continúa, permite a quienes participan en una interrupción de la co-

pectos pertinentes de la traducción es *Word and Object*, de W. V. O. Quine (Cambridge, Mass., y Nueva York, 1969). Caps. I y II. Pero Quine parece considerar que dos hombres que reciben el mismo estímulo deben tener la misma sensación, y por lo tanto tiene poco que decir sobre el grado que debe alcanzar un traductor para describir el mundo al que se aplica el lenguaje interpretado. Para ese último punto véase "Linguistics and Ethnology in Translation Problems", de E. A. Nida en ed. Del Hymes, *Language and Culture in Society* (Nueva York, 1964), pp. 90-97.

municación experimentar vicariamente algunos de los méritos y defectos de los puntos de vista de los otros, ésta es una potente herramienta tanto de transformación como de persuasión. Pero ni aun la persuasión tiene que tener buen éxito, y si lo tiene, no necesariamente irá acompañada o seguida por la conversión. Una importante distinción que sólo recientemente he reconocido por completo es que las dos experiencias de ninguna manera son las mismas.

Persuadir a alguien es, convergo en ello, convencerlo de que nuestra opinión es mejor que la suya, y por lo tanto debe reemplazarla. Esto se logra, ocasionalmente, sin recurrir a nada parecido a la traducción. En su ausencia, muchas de las explicaciones y enunciados de problemas suscritos por los miembros de un grupo científico resultarán opacos para el otro. Pero cada comunidad lingüística habitualmente puede producir, desde el principio, unos resultados concretos de su investigación que, aunque sean descriptibles en frases comprendidas de la misma manera por los dos grupos, no pueden ser explicados por la otra comunidad en sus propios términos. Si el nuevo punto de vista se sostiene durante un tiempo y sigue siendo útil, los resultados de la investigación verbalizables de esta manera probablemente crecerán en número. Para algunos hombres, tales resultados, por sí mismos, serán decisivos. Pueden decir: no se cómo lo lograron los partidarios de la nueva opinión, pero yo debo aprenderlo; sea lo que fuere lo que están haciendo, claramente tienen razón. Tal reacción resulta particularmente fácil para los hombres que apenas están ingresando en la profesión, pues aún no han adquirido los vocabularios y compromisos especiales de uno u otro grupo.

Los argumentos que pueden presentarse en el

vocabulario del que se valen ambos grupos, de la misma manera, sin embargo, generalmente no son decisivos, al menos no lo son hasta una etapa muy tardía de la evolución de las opiniones opuestas.

Entre aquellos ya admitidos en la profesión pocos quedarán persuadidos sin recurrir un poco a las comparaciones más generales que permite la traducción. Aunque el precio que hay que pagar habitualmente consiste en frases de gran longitud y complejidad (recuérdese la controversia Proust-Berthollet, que se llevó a cabo sin recurrir al término "elemento"), muchos resultados adicionales de la investigación pueden ser *traducidos* del idioma de una comunidad al de la otra. Además, al avanzar la traducción, algunos miembros de cada comunidad también pueden empezar vicariamente a comprender cómo una afirmación antes confusa pudo parecer una explicación a los miembros del grupo opuesto. La disponibilidad de técnicas como éstas no garantiza, desde luego, la persuasión. Para la mayoría de la gente, la traducción es un proceso amenazante, totalmente ajeno a la ciencia normal. En todo caso, siempre se dispone de contra argumentos y ninguna regla prescribe cómo debe llegarse a un equilibrio. No obstante, conforme un argumento se apila sobre otro argumento y cuando alguien ha recogido con éxito un reto tras otro, sólo la más ciega obstinación podría explicar finalmente una resistencia continuada.

Siendo tal el caso, llega a ser de una importancia decisiva un segundo aspecto de la traducción, muy familiar tanto a lingüistas como a historiadores. Traducir una teoría o visión del mundo al propio lenguaje no es hacerla propia. Para ello hay que volverse "completamente indígena", descubrir que se está pensando y trabajando en un

idioma que antes era extranjero, no simplemente traduciéndolo; sin embargo, tal transición no es una que un individuo pueda hacer o pueda dejar de hacer por deliberación y gusto, por buenas que sean sus razones para desear hacerla así. En cambio, en algún momento del proceso de aprender a traducir, el individuo encuentra que ya ha ocurrido la transición, que él se ha deslizado al nuevo idioma sin haber tomado ninguna decisión. O bien, como muchos de quienes encontraron por primera vez, digamos, la relatividad o la mecánica cuántica siendo ya de mediana, edad, se encuentra totalmente persuadido de la nueva opinión, pero, sin embargo, incapaz de internalizarla y de sentirse a gusto en el mundo al que ayuda a dar forma. Intelectualmente, tal hombre ya ha hecho su elección, pero la conversión requerida, si ha de ser efectiva, aún lo elude. No obstante, puede valerse de la nueva teoría, pero lo hará así como un extranjero que se hallara en un medio ajeno, como una alternativa de la que dispone tan sólo porque se encuentran allí algunos "indígenas" La labor del hombre es parasitaria de la de ellos, pues aquél carece de la constelación de conjuntos mentales que por medio de la educación adquirirán los futuros miembros de la comunidad. La experiencia de la conversión que yo he comparado a un cambio de *Gestalt* permanece, por lo tanto, en el núcleo mismo del proceso revolucionario. Buenas razones para la elección ofrecen motivos para la conversión y el clima en que más probablemente ocurrirá ésta. Además, la traducción puede aportar puntos de entrada para la reprogramación neural, que por inescrutable que sea en este momento, debe hallarse subyacente en la conversión. Pero ni unas buenas razones ni la traducción constituyen la conversión y es este proceso el que

tenemos que explicar para comprender una índole esencial de cambio científico.

6. *Las revoluciones y el relativismo*

Una consecuencia de la posición antes delineada ha molestado particularmente a varios de mis críticos.¹⁸ Encuentran relativista mi perspectiva, particularmente como está desarrollada en la última sección de este libro. Mis observaciones sobre la traducción ponen en relieve las razones de esta acusación. Los partidarios de distintas teorías son como los miembros de comunidades distintas de cultura-lenguaje. El reconocer el paralelismo sugiere que en algún sentido ambos grupos pueden estar en lo cierto. Aplicada a la cultura y a su desarrollo, tal posición es relativista.

Pero aplicada a la ciencia puede no serlo, y en todo caso está muy lejos del mero *relativismo* en un respecto que mis críticos no han visto. Tomados como grupo o en grupos, los practicantes de las ciencias desarrolladas son, como yo he afirmado, fundamentalmente, resolvidores de enigmas. Aunque los valores que a veces despliegan, de elección de teorías se derivan también de otros aspectos de su trabajo, la demostrada capacidad para plantear y para resolver enigmas dados por la naturaleza es, en caso de conflicto de valores, la norma dominante para la mayoría de los miembros de un grupo científico. Como cualquier otro valor, la capacidad de resolver enigmas resulta equívoca en su aplicación. Los hombres que la comparten pueden diferir, no obstante, en los juicios que hacen basados en su utilización. Pero el comportamiento de una comunidad que la hace

¹⁸ "Structure of Scientific Revolutions", de Shapere y Popper en *Growth of Knowledge*.

preeminente será muy distinto del de aquella comunidad que no lo haga. Creo yo que en las ciencias el alto valor atribuido a la capacidad de resolver enigmas tiene las consecuencias siguientes; imagínese un árbol evolutivo que represente el desarrollo de las modernas especialidades científicas a partir de sus orígenes comunes, digamos en la primitiva filosofía naturalista y en las técnicas. Una línea que suba por ese árbol, sin volver nunca atrás, desde el tronco hasta la punta de alguna rama, podría seguir una sucesión de teorías de ascendencia común. Considerando cualesquiera dos de tales teorías elegidas a partir de puntos no demasiado cercanos a su origen, debe ser fácil establecer una lista de normas que puedan capacitar a un observador no comprometido a distinguir las anteriores de la teoría más reciente, una y otra vez. Entre las más útiles se encontrarán la precisión en la predicción, particularmente en la predicción cuantitativa; el equilibrio entre temas esotéricos y cotidianos, y el número de diferentes problemas resueltos. Menos útiles para este propósito, aunque considerables determinantes de la vida científica, serían valores tales como simplicidad, dimensiones y compatibilidad con otras especialidades. Tales listas aún no son las requeridas, pero no tengo duda de que se las puede completar. De ser esto posible, entonces el desarrollo científico, como el biológico, constituye un proceso unidireccional e irreversible. Las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores para resolver enigmas en los medios a menudo totalmente distintos a los que se aplican. Tal no es una posición relativista, y muestra el sentido en el cual sí soy un convencido creyente en el progreso científico.

Sin embargo, comparada esta posición con la idea de progreso que hoy prevalece tanto entre

los filósofos de la ciencia como entre los profanos, la posición carece de un elemento esencial. A menudo se considera que una teoría científica es mejor que sus predecesoras, no tan solo en el sentido en que es un instrumento mejor para descubrir y resolver enigmas, sino también porque, de alguna manera, constituye una representación mejor de lo que en realidad es la naturaleza. A menudo se oye decir que las teorías sucesivas crecen aproximándose cada vez más a la verdad. Generalizaciones aparentes como esa no sólo se refieren a la solución de enigmas y a las predicciones concretas derivadas de una teoría, sino, antes bien, a su ontología, es decir, a la unión de las entidades con que la teoría cubre la naturaleza y lo que "realmente está allí".

Quizás haya alguna manera de salvar la idea de "verdad" para su aplicación a teorías completas, pero ésta no funcionará. Creo yo que no hay un medio, independiente de teorías, para reconstruir frases como "realmente está allí"; la idea de una unión de la ontología de una teoría y su correspondiente "verdadero" en la naturaleza me parece ahora, en principio, una ilusión; además, como historiador, estoy impresionado por lo improbable de tal opinión. Por ejemplo, no dudo de que la mecánica de Newton es una mejora sobre la de Aristóteles, y que la de Einstein es una mejora sobre la de Newton como instrumento para resolver enigmas. Pero en su sucesión no puedo ver una dirección coherente de desarrollo ontológico. Por el contrario, en algunos aspectos importantes, aunque, desde luego, no en todos, la teoría general de la relatividad, de Einstein, está más cerca de la de Aristóteles que ninguna de las dos de la de Newton. Aunque resulta comprensible la tentación de tildar a tal posición de relativista, a mí tal descripción me resulta errónea.

Y, a la inversa, si tal posición es relativismo no puedo ver que el relativista pierda nada necesario para explicar la naturaleza y el desarrollo de las ciencias.¹⁹

7. La naturaleza de la ciencia

Concluirá con un breve análisis de dos reacciones recurrentes a mi texto original, la primera crítica, la segunda favorable y, creo yo, ninguna de las dos correcta. Aunque ninguna de las dos se relaciona con lo que se ha dicho, ni entre sí, ambas han prevalecido lo suficiente para exigir al menos alguna respuesta.

Unos pocos lectores de mi texto original han notado que yo repetidas veces he pasado del modo descriptivo al modo normativo, transición particularmente marcada en pasajes ocasionales que empiezan con "pero eso no es lo que hacen los científicos", y que terminan afirmando que los científicos no deben hacerlo. Algunos críticos afirman que yo he estado confundiendo la descripción con la prescripción, violando así el anti-tipo y honorable teorema filosófico según el cual "es" no puede implicar "debe ser".²⁰

Sin embargo, tal teorema, en la práctica, ha pasado a no ser más que un marbete, y ya no se le respeta en ninguna parte. Un buen número de filósofos contemporáneos han descubierto importantes contextos en que lo normativo y lo descriptivo quedan inextricablemente entrelazados. "Es" y "debe ser" están lejos de hallarse siempre tan separados como parece. Pero no es necesario recurrir a las sutilezas de la actual filosofía

¹⁹ Para uno de los muchos ejemplos véase el ensayo de P. K. Feyerabend en *Growth of Knowledge*.

²⁰ *Must We Mean What We Say?* de Stanley Cavell (Nueva York, 1969), cap. I.

lingüística para desentrañar lo que ha parecido confuso en este aspecto de mi posición. Las páginas anteriores presentan un punto de vista o una teoría acerca de la naturaleza de la ciencia y, como otras filosofías de la ciencia, la teoría tiene consecuencias para el modo en que deben proceder los científicos si quieren que su empresa triunfe. Aunque no tiene que ser correcta, como ninguna otra teoría, sí aporta una base legítima para reiterados "debe ser" y "tiene que ser". A la inversa, un conjunto de razones para tomar en serio la teoría es que los científicos, cuyos métodos han sido desarrollados y seleccionados de acuerdo con su éxito, en realidad sí se comportan como la teoría dice que deben hacerlo. Mis generalizaciones descriptivas son prueba de la teoría precisamente, porque también pueden haberse derivado de ella, en tanto que, según otras opiniones de la naturaleza de la ciencia, constituyen un comportamiento anómalo.

Creo yo que la circularidad de tal argumento no lo hace vicioso. Las consecuencias del punto de vista que estamos examinando no quedan agotadas por las observaciones en las que se basó al principio. Desde antes de que el libro fuera publicado por primera vez, algunas partes de la teoría que presenta, habían sido para mí una herramienta de gran utilidad para la exploración del comportamiento y el desarrollo científico. La comparación de esta posdata con las páginas del texto original acaso indique que ha seguido desempeñando tal papel. Ningún punto de vista meramente singular puede ofrecer tal guía.

A una última reacción a este libro, mi respuesta tiene que ser de índole distinta. Muchos de quienes han encontrado un placer en él lo han encontrado no tanto porque ilumine la ciencia cuanto porque han considerado sus principales

tesis aplicables también a muchos otros campos. Veo lo que quieren decir, y no desearía desalentar sus esfuerzos de extender la posición; pero, no obstante, su reacción me ha intrigado. En el grado en que mi libro retrata el desarrollo científico como una sucesión de periodos establecidos por al tradición, puntuados por interrupciones no acumulativas, sus tesis indudablemente son de extensa aplicabilidad. Pero así tenían que serlo, porque son tomadas de otros campos. Los historiadores de la literatura, de la música, de las artes, del desarrollo político y de muchas otras actividades humanas han descrito de la misma manera sus temas. La periodización de acuerdo con interrupciones revolucionarias de estilo, gusto y estructura institucional, ha estado siempre entre sus útiles normales. Si yo he sido original con respecto a conceptos como éstos, ello ha sido, principalmente, por aplicarlos a las ciencias, campo que por lo general, se había supuesto que se desarrollaba de manera distinta. Es concebible que la noción de un paradigma como una realización concreta, un ejemplar, sea una segunda contribución. Por ejemplo, yo sospechaba que algunas de las notorias dificultades que rodean a la noción de estilo en las artes plásticas podrán desvanecerse si puede verse que las pinturas están modeladas unas a partir de otras, y no producidas de conformidad con algunos abstractos cánones de estilo.²¹

Sin embargo, también pretende este libro establecer otra clase de argumento, que ha resultado menos claramente visible para muchos de mis lectores. Aunque el desarrollo científico puede

²¹ Para este punto así como para un análisis más amplio de lo que es especial en las ciencias, ver: "Comment [on the Relations of Science and Art]", de T. S. Kuhn, en *Comparative Studies in Philosophy and History*. XI (1969), pp. 403-12.

parecerse al de otros campos más de lo que a menudo se ha supuesto, también es notablemente distinto. Por ejemplo, decir que la ciencia, al menos después de cierto punto de su desarrollo, progresa de una manera en que no lo hacen otros campos, puede ser completamente erróneo, cualquiera que sea tal progreso. Uno de los objetos del libro fue examinar tales diferencias y empezar a explicarlas. Considerése, por ejemplo, el reiterado hincapié anterior en la ausencia o, como diría yo ahora, en la relativa escasez de escuelas en competencia en la ciencia del desarrollo. O recuérdense mis observaciones acerca del grado en que los miembros de una comunidad científica dada constituyen el único público y son los únicos jueces del trabajo de la comunidad. O piénsese, asimismo, en la naturaleza especial de la educación científica, en la solución de enigmas como objetivo y en el sistema de valores que el grupo de científicos muestra en los periodos de crisis y decisión. El libro aísla otros rasgos de la misma índole, no necesariamente exclusivos de la ciencia pero que, en conjunción, sí colocan aparte tal actividad.

Acerca de todos estos rasgos de la ciencia hay mucho más por aprender. Habiendo iniciado esta posdata subrayando la necesidad de estudiar la estructura comunitaria de la ciencia, la terminaré subrayando la necesidad de un estudio similar y, sobre todo, comparativo de las correspondientes comunidades en otros ámbitos. ¿Cómo se elige y cómo se es elegido para miembro de una comunidad particular, sea científica o no? ¿Cuál es el proceso y cuáles son las etapas de la socialización del grupo? ¿Qué ve el grupo, colectivamente, como sus metas? ¿Qué desviaciones, individuales o colectivas, tolerará, y cómo controla la aberración impermisible? una mayor comprensión de

la ciencia dependerá de las respuestas a otras clases de preguntas, así como a éstas, pero no hay campo en que se necesite con más urgencia un trabajo ulterior. El conocimiento científico, como el idioma, es, intrínsecamente, la propiedad común de un grupo, o no es nada en absoluto. Para comprender esto necesitaremos conocer las características especiales de los grupos que lo crean y que se valen de él.