

## V. LA HISTORIA DE LA CIENCIA\*

COMO disciplina profesional independiente, la historia de la ciencia es un campo nuevo, en pleno surgimiento de una larga y varia prehistoria. Apenas en 1950, y al principio sólo en los Estados Unidos, la mayoría de sus profesionales han sido formados en escuelas donde tal especialidad es una carrera de tiempo completo. De sus antecesores, la mayoría de los cuales fue de historiadores sólo por vocación y que establecieron sus objetivos y valores extrayéndolos de otros campos, esta joven generación hereda una constelación de objetivos a veces irreconciliables. Las tensiones resultantes, si bien atenuadas por la creciente maduración de la profesión, son perceptibles todavía, particularmente en cuanto a los públicos, variados y primarios, a los cuales se continúa dirigiendo la literatura de la historia de la ciencia. En tales circunstancias, cualquier breve informe sobre su desarrollo y estado actual será inevitablemente personal y tendrá el carácter de un pronóstico; no puede ser el que requeriría una profesión con cierta antigüedad.

### DESARROLLO DEL CAMPO

Hasta hace poco, la mayoría de quienes escribían la historia de la ciencia eran científicos profesionales, a veces eminentes. Por lo común la historia era para ellos un producto derivado de la pedagogía. Veían en aquélla, además de su atractivo intrínseco, un medio de aclarar los conceptos de su especialidad, de establecer su tradición y de ganar estudiantes. La acepción de historia con la que se inician tantos tratados y monografías técnicas es una ilustración contemporánea de lo que, durante muchos siglos, fue la forma primaria y la fuente exclusiva para el historiador de la ciencia. Este género tradicional apareció en la antigüedad clásica tanto en las secciones históricas de los tratados técnicos como en unas cuantas historias independientes

de la mayoría de las ciencias antiguas y bien desarrolladas: la astronomía y las matemáticas. Obras semejantes —junto con un cuerpo creciente de biografías— tienen una historia continua desde el Renacimiento hasta el siglo xviii, en que la producción de ellas fue estimulada por la visión que, durante la Ilustración, se tuvo de la ciencia en tanto que fuente y ejemplo del progreso. De los últimos cincuenta años de ese periodo provienen los primeros estudios históricos que a veces se emplean todavía como tales, entre ellos las narraciones históricas contenidas en los trabajos técnicos de Lagrange (matemáticas), así como los grandiosos tratados de Montucla (matemáticas y física), Priestley (electricidad y óptica) y Delambre (astronomía). En el siglo XIX y a principios del xx, no obstante que comenzaban a desarrollarse otros enfoques, los científicos continuaron produciendo ocasionalmente biografías e historias maestras de sus propias especialidades, por ejemplo, Kopp (química), Poggendorff (física), Sachs (botánica), Zittel y Geikie (geología), y Klein (matemáticas).

Otra tradición historiográfica, a veces imposible de distinguir de la primera, fue de objetivos más explícitamente filosóficos. A principios del siglo XVII, Francis Bacon proclamó la utilidad de las historias del aprendizaje para quienes pretendían descubrir la naturaleza y el uso propio de la razón. Condorcet y Comte son tan sólo los más famosos de los escritores de inclinación filosófica quienes, bajo la égida de Bacon, trataron de basar las descripciones normativas de la racionalidad verdadera en las investigaciones históricas del pensamiento científico occidental. Antes del siglo XIX, esta tradición fue predominantemente programática, y produjo pocas investigaciones históricas de importancia. Pero luego, particularmente en los escritos de Whewell, Mach y Duhem, los intereses filosóficos se convirtieron en el motivo primordial de actividad creativa en la historia de la ciencia, y desde entonces han conservado su importancia.

Estas dos tradiciones historiográficas, en especial cuando fueron controladas por las técnicas de crítica de textos, prevalecientes en la historia política alemana del siglo XIX, produjeron ocasionalmente monumentos de erudición, que el historiador contemporáneo ignora bajo su propio riesgo. Pero al mismo tiempo apoyaron un concepto del campo que en la actualidad ha sido rechazado por la naciente profesión. El objetivo de estas antiguas historias de la ciencia es el de esclarecer y profundizar el conocimiento de los métodos científicos *contemporáneos*, mostrando su evolución. Comprometido con tales metas, el historiador elige por lo regular una ciencia o rama de la ciencia

bien establecidas —una cuya calidad de conocimiento sólido apenas pueda ponerse en duda—, para luego describir cuándo, dónde y cómo fueron establecidos los elementos que en su época constituyeron la materia de estudio, así como su supuesto método. Las observaciones, las leyes o las teorías que la ciencia contemporánea había hecho a un lado como errores o impropiedades raras veces fueron consideradas, a menos que contuvieran una enseñanza metodológica o explicaran un prolongado periodo de aparente esterilidad. Principios selectivos muy semejantes gobernaron la discusión de los factores externos a la ciencia. La religión, vista como un obstáculo, y la tecnología, reputada como requisito ocasional para la mejora de los instrumentos, fueron casi siempre los únicos factores que merecieron atención. El resultado de este enfoque ha sido parodiado recientemente, de manera muy brillante por cierto, por el filósofo Joseph Agassi.

Hasta principios del siglo XIX, desde luego, características muy semejantes a las descritas tipificaron a la mayoría de los escritos históricos. La pasión de los romanos por las épocas y los lugares distantes vino a combinarse con las normas eruditas de las críticas bíblicas, aun antes de que los historiadores pudieran darse cuenta del interés y la integridad de los sistemas de valores ajenos al propio. (El siglo XIX es, por ejemplo, el periodo en que por primera vez se admite que la Edad Media tiene una historia.) Esta transformación de la sensibilidad que la mayoría de los historiadores contemporáneos supondrían esencial para su campo no fue, sin embargo, reflejada de inmediato en la historia de la ciencia. Aunque no concordaban en ninguna otra cosa, tanto el historiador romántico como el historiador científico continuaron viendo el desarrollo de la ciencia como una marcha cuasimecánica del intelecto, la rendición sucesiva de los secretos de la naturaleza ante métodos eficaces diestramente aplicados. Apenas en este siglo los historiadores de la ciencia han ido aprendiendo poco a poco a ver su materia de estudio como algo diferente de una mera cronología de logros positivos y acumulados, dentro de una especialidad técnica definida retrospectivamente. Son varios los factores que han contribuido a este cambio.

Probablemente el más importante consista en la influencia, que comienza a fines del siglo XIX, de la historia de la filosofía. En ese campo, únicamente los más ortodoxos podían sentirse confiados de su habilidad para distinguir el conocimiento positivo del error y la supersunción. Al tratar ideas que habían perdido su atractivo, el historiador difícilmente podía escapar a la fuerza de un precepto que Bertrand

Russell esbozó así posteriormente: "Al estudiar a un filósofo, la actitud correcta no es de reverencia ni de desprecio, sino ante todo una especie de simpatía hipotética, hasta que es posible saber lo que siente y de la misma manera creer en sus teorías." Esa actitud hacia pensadores pretéritos pasó de la filosofía a la historia de la ciencia. En parte, fue aprendida de hombres como Lange y Cassirer quienes, en el terreno de la historia, trataron con personajes o ideas que fueron importantes también para el desarrollo científico. (Las *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, de Burt, y la *Great Chain of Being*, de Lovejoy, ejercieron, en este sentido, especial influencia.) Y, por otra parte, tal actitud fue aprendida también de un pequeño grupo de epistemólogos neokantianos, particularmente Brunschvigg y Meyerson, cuya búsqueda de categorías del pensamiento casi absolutas en las ideas antiguas produjo brillantes análisis genéticos de conceptos que la tradición principal en la historia de la ciencia ha pasado por alto o bien menospreciado.

Estas lecciones fueron reforzadas por otro acontecimiento decisivo en el surgimiento de la profesión contemporánea. A casi un siglo de que la Edad Media ha cobrado importancia para el historiador, la búsqueda de Pierre Duhem, de las fuentes de la ciencia moderna, reveló una tradición del pensamiento físico medieval al cual, en contraste con la física de Aristóteles, no podría negársele un papel esencial en la transformación de la teoría física y el método de Galileo que pueden encontrarse allí. Pero no fue posible ni asimilarla enteramente a la física de Galileo ni a la de Newton, dejando sin cambios la estructura de la llamada Revolución científica, pero extendiéndola grandemente en el tiempo. Las novedades esenciales de la ciencia del siglo xvii se entenderían únicamente si la ciencia medieval fuera explorada primero en sus propios términos y luego como la base de la cual surgió la "nueva ciencia". Mucho más que cualquier otra, es esta empresa la que ha conformado la moderna historiografía de la ciencia. Los escritos a los que ha dado lugar desde 1920, en particular los de E. J. Dijksterhuis, Anneliese Maier y especialmente los de Alexandre Koyré, son los modelos que muchos contemporáneos tienden a emular. Además, el descubrimiento de la ciencia medieval y su influencia en el Renacimiento han revelado un área en que la historia de la ciencia puede y debe integrarse con los tipos de historia más tradicionales. Esa tarea acaba de empezar, pero la síntesis precursora realizada por Butterfield y los estudios especiales de Panofsky y Francés Yates señalan un rumbo que seguramente será seguido y ampliado.

Tercer factor en la formación de la moderna historiografía de la ciencia ha sido la repetida insistencia en que el estudio del desarrollo científico se ocupa del conocimiento positivo en conjunto, y que las historias generales de la ciencia deben remplazar a las historias de las ciencias particulares. Como programa que se puede seguir hasta Bacon, y más particularmente hasta Comte, esa demanda apenas ha influido en los trabajos realizados hasta los principios de este siglo, cuando fue reiterada vigorosamente por el venerado universalmente Paul Tannery, y luego llevada a la práctica en las monumentales investigaciones de George Sarton. La experiencia posterior sugiere que las ciencias no son, en realidad, de una sola pieza y que aun la sobrehumana erudición requerida para una historia general de la ciencia apenas podría adaptarse, en cuanto a su evolución conjunta, a una narración coherente. Pero el intento ha sido decisivo, pues ha esclarecido la imposibilidad de atribuirle al pasado las divisiones del conocimiento que se observan en los programas de la ciencia contemporánea. Hoy en día, a medida que los historiadores se vuelven hacia la investigación detallada de las particulares ramas de la ciencia, estudian campos que realmente existieron en los periodos de los que se ocupan, y lo hacen así conscientes del estado de otras ciencias de la época correspondiente.

Más recientemente todavía, otro conjunto de influencias ha empezado a modelar el trabajo contemporáneo en materia de historia de la ciencia. Su resultado es un creciente interés, proveniente en parte de la historia general y en parte de la sociología alemana y la historiografía marxista, por el papel de los factores no intelectuales, particularmente los institucionales y los socioeconómicos, en el desarrollo de la ciencia. Pero, a diferencia de los ya discutidos, estas influencias y los trabajos que a ellas responden no han sido eliminados todavía completamente por la naciente profesión. Por todas sus novedades, la nueva historiografía está dirigida todavía predominantemente a la evolución de las ideas científicas y a los instrumentos (matemáticos, de observación y experimentales) a través de los cuales éstas se influyen recíprocamente e interactúan con la naturaleza. Sus mejores practicantes, como Koyré, por lo regular han minimizado la importancia de los aspectos no intelectuales de la cultura con respecto a los acontecimientos históricos que estudian. Unos cuantos han actuado como si la intrusión de consideraciones económicas o institucionales en la historia de la ciencia negara la integridad de la propia ciencia. A resultas de ello, a veces parece haber dos clases distintas de historia de la ciencia,

que ocasionalmente aparecen bajo la misma envoltura, pero que en rara ocasión se relacionan entre sí firme o fructíferamente. La forma predominante, llamada a menudo "enfoque interno", se ocupa de la sustancia de la ciencia como conocimiento. Su rival más nuevo, a menudo llamado el "enfoque externo", trata de las actividades de los científicos como grupo social dentro de una cultura determinada. Unificar ambos enfoques es la gran tarea a la que ahora se enfrenta la profesión, y hay signos de una buena respuesta. Sin embargo, toda exploración del estado presente de este campo debe seguir considerando ambos enfoques como empresas de hecho distintas.

#### LA HISTORIA INTERNA

¿Cuáles son las máximas de la nueva historiografía interna? Hasta donde es posible —nunca es así por completo, ni podría escribirse la historia si lo fuera—, el historiador debe deshacerse de la ciencia que sabe. Su ciencia debe aprenderla de los textos y demás publicaciones del periodo que estudia, y debe dominar éstos, así como las tradiciones intrínsecas que contienen, antes de abordar a los innovadores cuyos descubrimientos o invenciones cambiaron la dirección del progreso científico. Al tratar a los innovadores, el historiador debe esforzarse por pensar como ellos lo hicieron. Al reconocer que los científicos son famosos a veces por resultados que no pretendieron obtener, debe preguntarse por los problemas en los que trabaja su sujeto y de qué manera aquéllos se volvieron problemas para él. Reconociendo que un descubrimiento histórico rara vez es atribuido a su autor en los textos posteriores —los objetivos pedagógicos transforman inevitablemente una narración—, el historiador debe preguntarse qué es lo que su sujeto pensaba haber descubierto y en qué se basó para hacer el descubrimiento. Y en este proceso de reconstrucción el historiador debe poner especial atención a los aparentes errores de su sujeto, no por el gusto de encontrarlos, sino porque ellos revelarán mucho más de la mentalidad activa de su personaje, que los pasajes en los cuales un científico parece registrar un resultado o un argumento que la ciencia moderna retiene todavía.

Por lo menos durante los últimos treinta años, las actitudes resultantes de estas máximas han ido guiando cada vez más el mejor saber interpretativo en la historia de la ciencia, y es del saber de esta naturaleza del que se ocupa predominantemente este artículo. (Hay otros tipos, desde luego, aunque la distinción no es clara, y gran parte

de los esfuerzos más valiosos de los historiadores de la ciencia están dedicados a ellos. Pero no es éste el lugar para considerar trabajos como los de, digamos, Needham, Neugebauer y Thorndike, cuya contribución indispensable ha sido la de establecer y hacer accesibles textos y tradiciones que anteriormente se conocían sólo a través del mito.) Sin embargo, la materia de estudio es inmensa; ha habido pocos historiadores profesionales de la ciencia (en 1950, apenas una media docena en los Estados Unidos); y la forma en que han elegido sus asuntos ha sido prácticamente al azar. Hay todavía vastas áreas para las cuales no están claras ni siquiera las líneas de desarrollo básicas.

Probablemente por el prestigio de que disfrutaban, la física, la química y la astronomía predominan en la literatura histórica de la ciencia. Pero aun en estos campos los esfuerzos se han distribuido desigualmente, en especial durante este siglo. Como buscaban conocimientos contemporáneos en el pasado, los historiadores científicos del siglo xix compilaban investigaciones que a veces iban desde la antigüedad hasta su propia época o casi. En el siglo xx, unos cuantos científicos, como Dugas, Jammer, Partington, Truesdell y Whittaker, han escrito desde una perspectiva semejante, y algunas de sus investigaciones contienen la historia de campos especiales casi hasta el presente. Pero son pocos los profesionales de la mayoría de las ciencias desarrolladas que siguen escribiendo historias, y los miembros de la nascente profesión han sido hasta la fecha más sistemáticos y selectivos, lo que ha traído consigo varias consecuencias desafortunadas. La inmersión, profunda y simpática, en las fuentes que sus trabajos exigen prohíbe, virtualmente, las investigaciones amplias, al menos hasta que se haya examinado en profundidad una gran extensión del campo. Comenzando desde cero, o por lo menos creyéndolo así, este grupo trata naturalmente de establecer primero las fases tempranas del desarrollo de una ciencia, y son muy pocos los que rebasan ese punto. Además, hasta hace algunos años casi ninguno de los miembros de los grupos nuevos ha tenido suficiente dominio de la ciencia —en especial, de matemáticas, por lo común el obstáculo decisivo—, como para convertirse en un observador participante en las investigaciones más recientes de las disciplinas más desarrolladas desde el punto de vista técnico.

A consecuencia de ello, aunque la situación está cambiando ahora rápidamente con el ingreso de más y mejor preparados profesionales dentro de este campo, la literatura reciente de la historia de la ciencia tiende a terminar en el punto en que los materiales de fuentes técnicas

dejan de ser accesibles a un hombre con formación científica básica. Hay buenos estudios de matemáticas hasta Leibniz (Boyer, Michel); de astronomía y mecánica hasta Newton (Clagett, Costabel, Dijksterhuis, Koyré y Maier); de electricidad hasta Coulomb (Cohén); y de química hasta Dalton (Boas, Crosland, Daumas, Guerlac, Metzger). Pero, dentro de la nueva tradición, casi no se han publicado trabajos sobre la física matemática del siglo xviii o sobre la física del siglo xix.

En cuanto a las ciencias biológicas y de la tierra, la literatura está todavía menos desarrollada, en parte porque únicamente las especialidades que, como la fisiología, se relacionan estrechamente con la medicina alcanzaron su calidad de profesiones reconocidas antes de fines del siglo XIX. Hay unas cuantas investigaciones del tipo antiguo hechas por científicos, y los miembros de la nueva profesión apenas ahora empiezan a explorar estos campos. En biología, por lo menos hay perspectivas de cambio rápido, pero hasta la fecha las únicas áreas estudiadas intensamente son el darwinismo del siglo xix la anatomía y la fisiología de los siglos xviii y xix. Sobre el segundo de estos asuntos, sin embargo, el mejor de los libros publicados (por ejemplo, O'Malley y Singer) tratan de problemas especiales y de personas, con lo que es difícil que muestren una tradición científica en evolución. La literatura sobre la evolución, a falta de historias adecuadas de las especialidades técnicas de las que extrajo Darwin tanto sus datos como sus problemas, está escrita a un nivel de generalidad filosófica que impide ver cómo es que el *Origen de las especies* pudo haber sido un gran avance, y mucho menos un avance científico. El estudio modelo de Dupree, referente al botánico Asa Gray, figura entre las pocas excepciones notables.

Hasta la fecha, la nueva historiografía no ha tocado las ciencias sociales. En estos campos, la literatura histórica, cuando existe, la han producido los profesionales de la ciencia de que se trate, y quizá *History of Experimental Psychology*, de Boring, sea el mejor ejemplo. Como las antiguas historias de las ciencias físicas, esta literatura a menudo es indispensable, pero como historia comparte las limitaciones de aquéllas. (La situación es típica para las ciencias relativamente nuevas: se espera que los profesionales de estos campos conozcan el desarrollo de sus especialidades, que adquieren entonces una historia cuasioficial; de ahí en adelante, se aplica algo muy parecido a la ley de Gresham.) Por consiguiente, esta área ofrece particulares oportunidades tanto para el historiador de la ciencia como para —más todavía— el intelectual en general o el investigador social, cuyas respectivas formaciones

son a menudo de lo más adecuadas a las demandas de estos campos. Las publicaciones preliminares de Stocking, sobre la historia de la antropología en los Estados Unidos, son un ejemplo especialmente provechoso de la perspectiva que el historiador general puede aplicar a un campo científico cuyos conceptos y vocabulario apenas hasta hace poco se han vuelto esotéricos.

#### LA HISTORIA EXTERNA

Los intentos por ubicar a la ciencia en un contexto cultural que podría mejorar tanto el conocimiento de su desarrollo como de sus efectos han adoptado tres formas características, de las cuales la más antigua es el estudio de las instituciones científicas. Bishop Sprat preparó su precursora historia de la Royal Society of London casi desde antes de que esta organización quedara constituida oficialmente, y a partir de entonces han sido innumerables las historias, "hechas en casa", de las sociedades científicas. Estos libros son útiles principalmente como fuentes de materiales para el historiador, y apenas en este siglo los estudiosos del desarrollo científico han empezado a emplearlos. Al mismo tiempo, han empezado a examinar seriamente los otros tipos de instituciones, en especial las educativas, que pueden promover o inhibir el avance de la ciencia. Como en cualquier otra parte de la historia de la ciencia, la literatura de las instituciones, en su mayoría, trata del siglo xix. Lo mejor de ella está disperso en publicaciones periódicas (lo que se halla en libros está lamentablemente obsoleto), de las cuales pueden extraerse datos, y otras cosas relativas a la historia de la ciencia, a través del anuario "Critical Bibliography" de la revista *Isis* y a través del *Bulletin Signalétique*, publicación trimestral del Centre National de la Recherche Scientifique, París. El estudio clásico de Guerlac, sobre la profesionalización de la química en Francia; la historia de la Lunar Society de Schofield; y un reciente volumen escrito en colaboración (Taton), sobre la educación científica en Francia, figuran entre los pocos trabajos sobre las instituciones científicas del siglo xviii. En cuanto al siglo XIX, únicamente el estudio de Inglaterra, de Cardwell, el de Dupree sobre los Estados Unidos y el de Vucinich sobre Rusia comienzan a remplazar a los comentarios, fragmentarios pero muy sugestivos, a menudo contenidos en notas al pie, que se encuentran en el primer volumen de la *History of European Thought in the Nineteenth Century*, de Merz.

Los historiadores intelectuales han considerado el efecto de la ciencia sobre varios aspectos del pensamiento occidental, en especial durante los siglos xvii y xviii. Con respecto a la época que se inicia en 1700, sin embargo, estos estudios son peculiarmente insatisfactorios, pues tienden a demostrar la influencia, y no tan sólo el prestigio, de la ciencia. El nombre de un Bacon, un Newton o un Darwin es un símbolo potente: hay muchas razones para invocarlo además de recordar una deuda efectiva. Y el reconocimiento de paralelos conceptuales aislados, por ejemplo, entre las fuerzas que mantienen a un planeta en su órbita y el sistema de comprobaciones y balances de la Constitución de los Estados Unidos, demuestran más bien ingenio interpretativo que la influencia de la ciencia en otras áreas de la vida. No cabe duda que los conceptos científicos, particularmente los muy extensos, sí ayudan a cambiar las ideas extracientíficas. Pero el análisis de su función de producir esta clase de cambio exige sumergirse en la literatura de la ciencia. La antigua historiografía de la ciencia, por su propia naturaleza, no suministra lo que es necesario, y la nueva es tan reciente y tan fragmentarios sus productos, que pocos son los efectos que pueden ejercer. Aunque la brecha parezca pequeña, no hay abismo que más necesite ser salvado que el existente entre el historiador de las ideas y el historiador de la ciencia. Por fortuna, hay unos cuantos trabajos que apuntan hacia ese rumbo. Entre los más recientes figuran los estudios de la ciencia en la literatura de los siglos xvii y xviii, de Nicolson; la discusión de la religión natural, de Westfall; el capítulo sobre la ciencia en la Ilustración de Gillispie; y la monumental investigación del papel de las ciencias de la vida en el pensamiento francés del siglo xviii, de Roger.

El interés por las instituciones y el interés por las ideas se entrelazan naturalmente en un tercer enfoque al desarrollo científico. Se trata del estudio de la ciencia en una región geográfica tan pequeña, que permite concentrarse en la evolución de una determinada especialidad técnica, lo suficientemente homogénea como para conocer con claridad la función social y la ubicación de la ciencia. De todos los tipos de historia externa, éste es el más moderno y el más revelador, pues requiere experiencias y habilidad verdaderamente amplias tanto en historia como en sociología. La literatura, pequeña en volumen pero que crece rápidamente, sobre la ciencia en los Estados Unidos (Dupree, Hindle, Shryock), es un ejemplo sobresaliente de este enfoque, y hay la esperanza de que los estudios actuales sobre la ciencia en la Revolución francesa produzcan también un panorama revelador).

Merz, Lilley y Ben-David señalan los aspectos del siglo xix que más a fondo se han estudiado. Pero el asunto que ha provocado más actividad y reclamado más atención es el desarrollo de la ciencia en la Inglaterra del siglo xvii. Por haberse convertido en el centro del acalorado debate acerca del origen de la ciencia moderna y sobre la naturaleza de la historia de la ciencia, esta literatura amerita que se le analice por separado. Representa aquí un cierto tipo de investigación: los problemas que ofrece darán una perspectiva sobre las relaciones que hay entre los enfoques internos y externos a la historia de la ciencia.

#### LA TESIS DE MERTON

El aspecto más notorio en el debate acerca de la ciencia del siglo xvii está contenido en la llamada tesis de Merton, que en realidad son dos tesis que coinciden parcialmente y poseen fuentes distintas. En última instancia, ambas tienden a explicar la especial productividad de la ciencia del siglo xvii correlacionando sus objetivos y valores novedosos —resumidos en el programa de Bacon y sus seguidores— con otros aspectos de la sociedad de aquella época. En la primera, que algo debe a la historiografía marxista, se subraya la medida en que los baconianos esperaban aprender de las artes prácticas y, a su tiempo, hacer que la ciencia fuese útil. Constantemente estudiaron las técnicas de los artesanos de su época —vidrieros, metalúrgicos, marineros, etc.—, y muchos de ellos le prestaron atención a problemas prácticos y urgentes de la época, por ejemplo, los de la navegación, los del drenaje de tierras y la deforestación. Los nuevos problemas, datos y métodos promovidos por estos nuevos intereses fueron, según Merton, la razón principal de la transformación sustancial experimentada por varias ciencias durante el siglo xvii. En la segunda tesis se recogen las mismas novedades de la época, pero se afirma que el puritanismo fue el estimulante primordial. (No tiene por qué haber conflicto. Max Weber, cuya hipótesis principal investigó Merton, argumenta que el puritanismo contribuyó a legitimar el interés por la tecnología y las artes útiles.) Se dice que los valores de las comunidades puritanas —por ejemplo, la importancia concedida a la salvación a través de obras y a la comunión directa con Dios a través de la naturaleza— fomentaron tanto el interés por la ciencia como la tónica empírica, instrumentalista y utilitarista que caracterizó a dichas comunidades durante el siglo xvii.

Estas dos tesis han sido extendidas y también atacadas vigorosamente pero no ha surgido ningún punto de acuerdo. (Una importante confrontación, que se centra en los artículos de Hall y de Santillana, aparece en el simposio del Instituto para la Historia de la Ciencia, dirigido por Clagett; el artículo de Zilsel sobre William Gilbert puede encontrarse en la colección de artículos pertinentes del *Journal of the History of Ideas* dirigido por Wiener y Noland. En su mayoría, la parte restante de la literatura, que es muy voluminosa, puede investigarse en las notas de pie de página de una controversia reciente sobre el trabajo de Christopher Hill.) En esta literatura, las críticas más persistentes son las dirigidas a la definición y aplicación que hace Merton de la etiqueta "puritano", y ahora parece estar claro que no puede ser útil ningún término tan estrechamente doctrinario en sus consecuencias. Esta clase de dificultades puede eliminarse seguramente; pues la ideología baconiana no se restringió a los científicos ni se propagó uniformemente por todas las clases y regiones de Europa. El rótulo que aplica Merton quizá sea impropio, pero no hay duda de que el fenómeno que describe sí existió. Los argumentos más significativos en contra de su posición son residuos provenientes de la reciente transformación en la historia de la ciencia. La imagen que da Merton de la Revolución científica, aunque ya de largos años, se desacreditó rápidamente mientras escribía, especialmente en el papel atribuido al movimiento baconiano.

Los seguidores de la tradición historiográfica antigua declaran que la ciencia, como ellos la conciben, nada debe ni a los valores económicos ni a las doctrinas religiosas. Sin embargo, la gran importancia que Merton le concede al trabajo manual, la experimentación y la confrontación directa con la naturaleza fueron familiares y afines a ellos. La nueva generación de historiadores, en cambio, asegura haber demostrado que las radicales revisiones, efectuadas durante los siglos xvi y xvii, de la astronomía, las matemáticas, la mecánica y hasta de la óptica debieron muy poco a los nuevos instrumentos, experimentos u observaciones. El método primario de Galileo, argumentan, fue el tradicional experimento pensado de la ciencia escolástica llevado a un nuevo grado de perfección. El ambicioso e ingenuo programa de Bacon fue causa de decepción e impotencia desde el principio. Los intentos por aplicarlo fracasaron repetidamente; las montañas de datos aportadas por los nuevos instrumentos fueron de poca ayuda para la transformación de la teoría científica entonces prevaleciente. Si hacen falta novedades culturales para explicar por qué hombres como Galileo,

Descartes y Newton de pronto fueron capaces de ver, de una nueva manera, fenómenos bien conocidos para ellos, debe observarse que tales novedades son ante todo intelectuales y que incluyen el neoplatonismo del Renacimiento, el resurgimiento del antiguo atomismo y el redescubrimiento de Arquímedes. Pero tales corrientes intelectuales se impusieron y fueron tan productivas lo mismo en la Italia y en la Francia católicas romanas que en los círculos puritanos de Inglaterra u Holanda. Y en ningún sitio de Europa, en donde estas corrientes fueron más fuertes entre los cortesanos que entre los artesanos, muestran deberle algo importante a la tecnología. Si Merton tuviese razón, la nueva imagen de la Revolución científica evidentemente sería errónea.

En sus versiones más detalladas y cuidadosas, que incluyen delimitaciones esenciales, estos argumentos son, hasta cierto punto, enteramente convincentes. Los hombre\* que transformaron la teoría científica durante el siglo xvii hablaron a veces como baconianos, pero queda todavía por demostrar que la ideología que varios de ellos abrazaron tuvo efectos primordiales, sustanciales o metodológicos, en sus aportaciones capitales a la ciencia. Tales contribuciones se entienden mejor como resultado de la evolución interna de un conjunto de campos que, durante los siglos xvi y xvii, fueron cultivados con renovado vigor y en un nuevo medio intelectual. Esa posición, sin embargo, puede ser pertinente sólo para la revisión de la tesis de Merton, no para rechazarla. Un aspecto del fermento que los historiadores han rotulado como "La Revolución científica" fue un movimiento programático y radical que se centró en Inglaterra y en los Países Bajos, aunque durante cierto tiempo fue visible también en Italia y en Francia. Ese movimiento, que incluso la forma actual del argumento de Merton hace más comprensible, alteró drásticamente el atractivo, el lugar y la naturaleza de gran parte de la investigación científica durante el siglo xvii, y los cambios adquirieron carta de permanencia. Muy probablemente, como argumentan los historiadores contemporáneos, ninguno de estos rasgos novedosos desempeñó un papel importante en la transformación de los conceptos científicos durante el siglo xvii, pero a pesar de ello los historiadores deben aprender a manejarlos. Tal vez resulten útiles las siguientes sugerencias, cuyo valor más general se considerará en la sección siguiente.

Exceptuando a las ciencias biológicas, cuyos vínculos con las artes y las instituciones médicas les imprimen una pauta de desarrollo más compleja, las ramas principales de la ciencia que se transformaron

durante los siglos xvi y xvii fueron la astronomía, las matemáticas, la mecánica y la óptica. El desarrollo de estas disciplinas es lo que hace que la Revolución científica parezca ser una revolución de conceptos. Es significativo, sin embargo, que este conjunto de campos haya estado compuesto exclusivamente de ciencias clásicas. Muy desarrolladas en la antigüedad, encontraron un lugar en el plan de estudios de la universidad medieval, en donde varias de ellas fueron llevadas a grados más altos de desarrollo. Su metamorfosis del siglo xvii, en la cual los hombres formados universitariamente continuaron desempeñando un papel importante, puede pintarse razonablemente como una extensión de una tradición medieval y antigua que se desarrolla en un nuevo ambiente conceptual. Sólo en ocasiones se necesita recurrir al movimiento programático baconiano para explicar las transformaciones de estos campos.

Hacia el siglo xviii, sin embargo, éstas no fueron las únicas áreas de actividad científica intensa, y las otras —entre ellas el estudio de la electricidad y el magnetismo, de la química y de los fenómenos térmicos— muestran una pauta diferente. Como ciencia, como campos que debían ser inspeccionados sistemáticamente para aumentar el conocimiento sobre la naturaleza, todas ellas fueron novedades durante la Revolución científica. Sus raíces principales estaban no en la tradición universitaria aprendida sino, a menudo, en las artesanías establecidas, y todas ellas dependieron, críticamente, tanto del nuevo programa de experimentación como de los nuevos instrumentos que los artesanos contribuyeron frecuentemente a introducir. Salvo algunas veces en las escuelas de medicina, tales disciplinas rara vez encontraron lugar en las universidades antes del siglo xix, y mientras tanto fueron cultivadas por aficionados mal unificados en torno de las nuevas sociedades científicas que fueron la manifestación institucional de la Revolución científica. Obviamente, estos son los campos, junto con el nuevo modo de práctica que representan, que puede ayudarnos a entender una tesis de Merton revisada. A diferencia de lo que ocurre en las ciencias clásicas, la investigación dentro de estos campos agregó poco al conocimiento de la naturaleza durante el siglo xviii, hecho que es fácil pasar por alto al evaluar el punto de vista de Merton. Pero los logros obtenidos a fines del siglo xviii y durante el siglo xix no podrán entenderse hasta que no se tome en cuenta todo lo anterior. El programa baconiano, aunque al principio desprovisto de frutos conceptuales, sirvió para inaugurar varias de las principales ciencias modernas.

#### HISTORIAS INTERNA Y EXTERNA

Porque subrayan distinciones entre estados anterior y posterior de una ciencia en evolución, estos comentarios acerca de la tesis de Merton ilustran aspectos del desarrollo científico analizados hace poco y en términos generales por Kuhn. En los primeros momentos del desarrollo de un nuevo campo, indica, las necesidades y los valores sociales son el determinante principal de los problemas en los cuales sus practicantes se concentran. También durante este periodo los conceptos que aplican al solucionar problemas están condicionados en gran parte por el sentido común contemporáneo, por la tradición filosófica prevaleciente o por las ciencias contemporáneas de más prestigio. Los nuevos campos que surgieron en el siglo xviii y varias de las modernas ciencias sociales sirven para ejemplificar este punto. Pero, argumenta Kuhn, la evolución posterior de una especialidad técnica difiere significativamente, en formas por lo menos prefiguradas por el desarrollo de las ciencias durante la Revolución científica. Los practicantes de una ciencia madura son hombres formados dentro de un cuerpo complejísimo de teorías e instrumental, matemáticas y técnicas verbales de naturaleza tradicional. A resultas de ello, constituyen una subcultura especial, dentro de la cual sus miembros son el público exclusivo para los trabajos de cada uno de ellos, y de la misma manera los jueces mutuos. Los problemas en los cuales trabajan tales especialistas ya no son los presentados por el resto de la sociedad, sino que pertenecen a una empresa interna consistente en aumentar, en amplitud y precisión, el acuerdo entre la teoría existente y la naturaleza. Y los conceptos empleados para resolver estos problemas son normalmente parientes cercanos de los aprendidos durante la formación para ejercer la especialidad de que se trate. En fin, comparados con otros profesionales y con otras empresas creativas, los practicantes de una ciencia madura están aislados en realidad del medio cultural en el cual viven sus vidas extraprofesionales.

Ese aislamiento, tan especial pero aún incompleto, es la supuesta razón de que el enfoque interno a la historia de la ciencia, considerada autónoma, haya parecido tan cerca del éxito. En una medida que no tiene punto de comparación en otros campos, el desarrollo de una especialidad técnica individual puede entenderse sin trascender la literatura de esa especialidad y unas cuantas de sus vecinas cercanas. Sólo en ocasiones necesita el historiador tomar nota de un concepto, problema o técnica particulares que llegaron de fuera. Sin embargo, la



autonomía aparente del enfoque interno es errónea en sus puntos esenciales, y el apasionamiento con que a veces se le defiende ha oscurecido problemas importantes. El aislamiento de una comunidad científica madura, sugerido en el análisis de Kuhn, es un aislamiento ante todo en relación con conceptos y en segundo lugar con respecto a la estructura del problema. Hay, sin embargo, otros aspectos del avance científico, por ejemplo su oportunidad. Estos otros aspectos sí dependen críticamente de los factores recalcados en el enfoque externo al desarrollo científico. Particularmente cuando se considera a las ciencias como un grupo en interacción, y no como una variedad de especialidades, los efectos acumulativos de los factores externos pueden ser decisivos.

Tanto la atracción de la ciencia como carrera y el atractivo diferente de los distintos campos son, por ejemplo, condicionados significativamente por factores externos a la ciencia. Además, como los progresos efectuados en un campo dependen a veces del desarrollo previo de otro, las diferentes velocidades de crecimiento pueden afectar toda una pauta evolutiva. Consideraciones semejantes a las anteriores desempeñan un papel primordial en el origen y en la forma inicial de las ciencias nuevas. Además, una tecnología nueva, o algún otro cambio en las condiciones de la sociedad, pueden alterar significativamente la importancia percibida de los problemas de una especialidad dada, o incluso crear nuevos problemas para ésta. Al ocurrir esto, a veces se acelera el descubrimiento de áreas en las cuales una teoría establecida debiera funcionar pero no lo hace, con lo que se apresura su rechazo y su sustitución por otra teoría nueva. Ocasionalmente, puede moldearse la sustancia de esa teoría nueva asegurando que la crisis a la cual responde se da en un área del problema, antes que otra. O, también, por la intermediación crucial de una reforma institucional, las condiciones externas pueden crear canales de comunicación nuevos entre especialidades que antes no se relacionaban entre sí, fomentando de este modo la fecundación cruzada que, de otra manera, no hubiera ocurrido o se hubiera demorado largo tiempo.

Hay muchas otras maneras, incluido el subsidio directo, en el cual la cultura en general afecta el desarrollo científico, pero el esquema anterior debe mostrar suficientemente la dirección en la cual debe desarrollarse la historia de la ciencia. Aunque los enfoques interno y externo a la historia de la ciencia tienen una especie de autonomía natural, son, de hecho, intereses complementarios. Mientras no sean practicados como tales, apoyándose mutuamente, es poco probable

que se entiendan aspectos importantes del desarrollo científico. Tal modo de práctica apenas ha empezado, como lo indica la respuesta a la tesis de Merton, pero tal vez se estén aclarando las categorías analíticas que demanda.

#### LA PERTINENCIA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Como conclusión, volvamos a la pregunta de qué juicios deben ser los más personales de todos; puede uno preguntarse entonces acerca del fruto potencial que puede recogerse del trabajo en esta nueva profesión. El primero, y más importante, serán más y mejores historias de la ciencia. Como en cualquier otra disciplina erudita, la primordial responsabilidad de este campo debe ser para consigo misma. Pero signos crecientes de su efecto selectivo sobre otras empresas pueden justificar un breve análisis al respecto.

Entre las áreas relacionadas con la historia de la ciencia, la que más probabilidades tiene de ser afectada significativamente es la propia investigación científica. Los partidarios de la historia de la ciencia describen a veces su campo como un rico depósito de ideas y métodos olvidados, algunos de los cuales bien podrían contribuir a resolver dilemas científicos de la actualidad. Cuando en una determinada ciencia se aplica con éxito un nuevo concepto o una nueva teoría, algún precedente antes ignorado suele descubrirse en la anterior literatura del campo. Es natural preguntarse si el haber recurrido a la historia no hubiese acelerado la innovación. Casi con toda seguridad la respuesta será que no. La cantidad de material por explorar, la falta de índices adecuadamente clasificados y las diferencias sutiles, pero por lo común enormes, entre la previsión y la innovación efectiva, todo esto se combina para sugerir que la reinvencción, antes que el descubrimiento, seguirá siendo la fuente más fructífera de novedades científicas.

Los efectos más probables de la historia de la ciencia sobre los campos de los que se ocupa son indirectos, y consisten en aumentar el conocimiento de la propia empresa científica. Aunque es improbable que una captación más clara de la naturaleza del desarrollo científico resuelva determinados acertijos de investigación, sí puede estimular la reconsideración de asuntos como la educación científica, la administración y su política. Pero, probablemente, las ideas implícitas que el estudio histórico puede producir necesitan hacerse primero explícitas por la intervención de otras disciplinas, de las cuales en la actualidad hay tres que parecen ser las más eficaces.

Aunque la intrusión sigue produciendo más calor que luz, la filosofía de la ciencia es hoy en día el campo desde el cual se evidencia más el asunto de la historia de la ciencia. Feyerabend, Hanson, Hesse y Kuhn han insistido últimamente en lo impropia que es la imagen ideal de la ciencia que se ha formado el filósofo tradicional, y todos ellos se han sumergido en la historia en busca de una opción. Siguiendo las direcciones señaladas en los enunciados clásicos de Norman Campbell y Karl Popper —y a veces influidos significativamente también por Ludwig Wittgenstein— han comenzado a plantear problemas que la filosofía de la ciencia ya no puede seguir desatendiendo. La solución de esos problemas queda para el futuro, y quizá para el futuro indefinidamente distante. Todavía no hay una "nueva filosofía" de la ciencia, desarrollada y madura. Y el cuestionamiento de antiguos estereotipos, principalmente positivistas, está impulsando y liberando a algunos profesionales de las ciencias nuevas que en su mayoría han venido dependiendo de cánones explícitos del método científico en su búsqueda de identidad profesional.

Otro campo dentro de la historia de la ciencia que probablemente ejercerá cada vez más efectos es la sociología de la ciencia. En última instancia, ni los intereses ni las técnicas de ese campo tienen que ser históricos. Pero en el actual estado de subdesarrollo de su especialidad, los sociólogos de la ciencia bien pueden aprender de la historia algo sobre la forma de la empresa que investigan. Los recientes escritos de Ben-David, Hagstrom, Merton y otros dan muestras de que así lo están haciendo. Muy probablemente, será a través de la sociología que la historia de la ciencia ejerza su efecto principal sobre la política y la administración de la ciencia.

Intimamente relacionado con la sociología de la ciencia —quizá equivalente a ésta cuando ambos estén contruidos adecuadamente— existe un campo que, aunque en estado embrionario, se describe en términos generales como "la ciencia de las ciencias". Cuyo objetivo, en las palabras de su máximo exponente, Derek Price, es nada menos que "el análisis teórico de la estructura y el comportamiento de la propia ciencia", y sus técnicas son una combinación ecléctica de la del historiador, la del sociólogo y la del economista. Hasta ahora, únicamente puede conjeturarse hasta qué punto es factible ese objetivo, pero todo progreso que hacia él se haga alimentará, inevitable e inmediatamente, la significación de una continuada erudición en la historia de la ciencia, tanto para los científicos sociales como para la sociedad.

Más material relativo al tema puede encontrarse en las biografías de Koyré y Sarton.

- Agassi, Joseph. 1963. *Towards an Historiography of Science*. "History and Theory", vol. 2. La Haya: Mouton.
- Ben-David, Joseph. 1960. "Scientific Productivity and Academic Organization in Nineteenth-century Medicine." *American Sociological Review*, 25: 828-843.
- Boas, Marie. 1958. *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyer, Carl B. 1949. *The Concepts of the Calculus: A critical and Historical Discussion of the Derivative and the Integral*. Nueva York: Hafner. En 1959, Dover publicó una edición en rústica con el título de *History of the Calculus and its Conceptual Development*.
- Butterfield, Herbert. 1957. *The Origins of Modern Science, 1300-1800*. 2ª edición revisada. Nueva York: Macmillan. En 1962, Collier publicó una edición en rústica.
- Cardwell, Donald S.L. 1957. *The Organization of Science in England: A Retrospect*. Melbourne y Londres: Heinemann.
- Clagett, Marshall. 1959. *The Science of Mechanics in the Middle Ages*. Madison: University of Wisconsin Press.
- Cohén, I. Bernard. 1956. *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*. American Philosophical Society. Memorias, vol.43. Filadelfia: The Society.
- Costabel, Pierre. 1960. *Leibniz et la dynamique: Les textes de 1692*. París: Hermann.
- Crosland, Maurice. 1963. "The Development of Chemistry in the Eighteenth Century." *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century*, 24:369-441.
- Daumas, Maurice. 1955. *Lavoisier: Théoricien et expérimentateur*. París: Presses Universitaires de France.
- Dijksterhuis, Edward J. 1961. *The Mechanization of the World Picture*. Oxford: Clarendon. Publicado primero en holandés en 1950.
- Dugas, René. 1955. *A History of Mechanics*. Neuchâtel: Editions du Griffon; Nueva York: Central Book. Publicado primero en francés en 1950.
- Duhem, Pierre. 1906-1913. *Étude sur Léonard de Vinci*. 3 vols. París: Hermann.
- Dupree, A. Hunter. 1957. *Science in the Federal Government: A History of Policies and Activities to 1940*. Cambridge, Mass: Belknap.
- . 1959. *Asa Gray: 1810-1888*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- Feyerabend, P. K. 1962. "Explanation, Reduction and Empiricism." En Herbert Feigl y Grover Maxwell, compiladores, *Scientific Explanation, Sapace, and Time*, pp. 28-97. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol.3. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Gillispie, Charles C. 1960. *The Edge of Objectivity: An essay in the History of Scientific Ideas*. Princeton. N. J.: Princeton University Press.
- Guerlac, Henry. 1959. "Some French Antecedents of the Chemical Revolution." *Chymia*, 5:73-112.
- 1961. *Lavoisier; the Crucial Year: The Background and ürigin ofHis First Experiments on Combustión in 1772*. Ithaca, N. Y: Cornell University Press.
- Hagstrom, Warren O. 1965. *The Scientific Community*. Nueva York: Basic Books.
- Hanson, Norwood R. 1961. *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hesse, MaryB. 1963. *Models and Analogies in Science*. Londres: Sheed& Ward.
- Hill, Christopher. 1965. "Debate: Puritanism, Capitalism and the Seientific Revolution." *Past and Present*, 29:68-97. Artículos pertinentes al debate pueden encontrarse también en los números 28, 31, 32 y 33.
- Hindle, Brooke. 1956. *The Pursuit of Science in Revolutionary America, 1735-1789*. Chapel HUÍ: University of North Carolina Press.
- Institute for the History of Science, University of Wisconsin, 1957. 1959. *Critical Problems in the History of Science: Proceedings*. Compilado por Marshall Clagett. Madison: University of Wisconsin Press.
- Jammer, Max. 1961. *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Journal of the History of Ideas. 1957. *Roots of Scientific Thought: A Cultural Perspective*. Compilado por Philip P. Wiener y Aaron Noland. Nueva York: Basic Books. Selecciones de los primeros 18 volúmenes de *Journal*.
- Koyré, Alexandre. 1939. *Études Galiléennes*. 3 vols. Actualités scientifiques et industrielles, núms. 852, 853 y 854. París: Hermann. Volumen 1: *A l'aube de la science classique*. Volumen 2: *La loi de la chute des corps: Descartes et Galilée*. Volumen 3: *Galilée et la loi d'inertie*.
- . 1961. *La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli*. París: Hermann.
- Kuhn, Thomas S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. En 1964 se publicó una edición en rústica.
- Lilley, S. 1949. "Social Aspects ofthe History of Science." *Archives internationales d'histoire des sciences*, 2:376-443.
- Maier, Anneliese. 1949-1958. *Studien zur Naturphilosophie der Spátscholastik*. 5 vols. Roma: Ediciones de "Storia e Letteratura".
- Merton, Robert K. 1967. *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England*. Nueva York: Fertig.
- . 1957. "Priorities in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science." *American Sociological Review*, 22: 635-659.
- Metzger, Héléne. 1930. *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*. París: Alean.
- Meyerson, Emile. 1964. *Identity and Reality*. Londres: Alien & Unwin. Publicado primero en francés en 1908.
- Michel, Paul-Henri. 1950. *De Pythagore a Euclide*. París: edición "Les Belles Lettres".
- Needham, Joseph. 1954-1965. *Science and Civilisation in China*. 4 vols. Cambridge: Cambridge University Press.
- Neugebauer, Otto. 1957. *The Exact Sciences in Antiquity*. 2ª ed. Providente. R.I.: Brown University Press. En 1962 Harper publicó una edición en rústica.
- Nicolson, Marjorie H. 1960. *The Breaking ofthe Circle: Studies in the effect ofthe "New Science" upon Seventeenth-Century Poetry*. Ed.rev. Nueva York: Columbia University Press. En 1962 se publicó una edición en rústica.
- O'Malley, Charles D. 1964. *Andreas VesaUus ofBrussels, 1514-1564*. Berkeley y Los Angeles: University of California Press.
- Panofsky, Erwin. 1954. *Galileo as a Critic of the Arts*. La Haya: Nijhoff.
- Partington, James R. 1962. *A History ofChemistry*. Nueva York: St. Martins. Los volúmenes 2 a 4 fueron publicados de 1962 a 1964; el volumen 1 está en preparación.
- Price, Derek J. de Solía. 1966. "The Science of Scientists." *Medical Opinión and Review*, 1:81-97.
- Roger, Jaeques. 1963. *Les sciences de laviedansla penséefrançaiseduXVII<sup>e</sup> sihie: La génération des animaux de Descartes á l'Encyclopédie*. París: Colin.
- Sarton, George. 1927-1948. *Introduction to the History of Science*. 3 vols. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Schofield, Robert E. 1963. *The Lunar Society of Birmingham: A Social History of Provincial Science and Industry in Eighteenth-Century England*. Oxford: Clarendon.
- Shryock, Richard H. 1947. *The Daelopment of Modern Medicine*. 2ª ed. Nueva York: Knopf.
- Singer, Charles J. 1922. *The Discovey ofthe Circulation ofthe Blood*. Londres: Bell.
- Stocking, George W. Jr. 1966. "Franz Boas and the Culture Concept in Historie al Perspective." *American Anthropologist*, Nueva Serie 68:867-882.
- Taton, Rene, ed. 1964. *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII<sup>e</sup> siècle*. París: Hermann.
- Thorndike, Lynn. 1959-1964. *A History ofMagic and Experimental Science*. 8 vols. Nueva York: Columbia University Press.
- Truesdell, Clifford A. 1960. *The Rational Mechanics of Flexible or Etastic Bodies 1638-1788: Introduction to Leonhardi Euleri Opera omnia Vol. X et XI Seriei secundae*. Serie 2, vol. 11, parte 2. Turín: Fussli.
- Vucinich, Alexander S. 1963. *Science in Russian Culture*. Volumen \: *A History to 1860*. Stanford University Press.
- Westfall, Richard S. 1958. *Science and Religión in Seventeenth-Century England*. New Haven: Yale University Press.

**Whittaker, Edmund. 1951-1953.** *A History of the Theories of Aether and Electricity?*.  
**2 vols.** Londres: Nelson. **Volumen 1:** *The Classical Theories*. **Volumen 2:** *The  
Modern Theories, 1900-1926*. El volumen 1 es una edición revisada de *A  
History of the Theories of Aether and Electricity from the Age of Descartes to the Close  
of the Nineteenth Century*, publicado en 1910. Harper publicó, en 1960, una  
edición en rústica.

Yates, Francis A. 1964. *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*. Chicago:  
University of Chicago Press.

## XI. LA LÓGICA DEL DESCUBRIMIENTO O LA PSICOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN\*

EN ESTAS páginas me propongo yuxtaponer la concepción del desarrollo científico descrita en mi libro *La estructura de las revoluciones científicas*, pon los puntos de vista, mejor conocidos, de nuestro presidente, sir Karl Popper.<sup>1</sup> Lo común sería que yo declinase tal cometido, pues no creo tanto como sir Karl en la utilidad de las confrontaciones. Además, he admirado su trabajo por tanto tiempo, que no me es nada fácil ponerme a criticarlo ahora. Pero estoy persuadido de que, por esta vez, debe hacerse el intento. Desde antes de que mi libro fuese publicado, hace dos años y medio, había yo empezado a descubrir características especiales y a menudo desconcertantes en la relación que hay entre mis ideas y las de él. Tal relación, así como las reacciones divergentes que hacia ésta me he encontrado, indican que una comparación sistematizada de ambas concepciones ayudará a esclarecer las cosas. Explicaré por qué pienso que podría ser así.

La mayoría de las veces, cuando tratamos explícitamente los mismos problemas, nuestros puntos de vista acerca de la ciencia son casi idénticos.<sup>2</sup> Ambos estamos interesados en el proceso dinámico durante el cual se adquiere el conocimiento, y no en la estructura lógica

\* Reimpreso con autorización de *CriticismandtheGrowthofKnowledge, I. A. J. A. Tatosy A. Musgrave*, compiladores (Cambridge: Cambridge University Press, 1970), pp. 1-22. Copyright de Cambridge University Press, 1970.

Se preparó este artículo accediendo a la invitación de P. A. Schilpp de contribuir a su volumen *The Philosophy of Karl R. Popper* (La Salle, IL: Open Court Publishing Co., 1974), pp. 798-819. Les agradezco al profesor Schilpp y a los editores su autorización para publicarlo como parte de los documentos de este simposio, antes de la aparición del volumen para el cual fue solicitado.

<sup>1</sup> Para los fines del siguiente análisis, revisé los trabajos de sir Karl Popper *Logic of Scientific Discovery* (1959), *Conjectures and Refutations* (1963) y *The Poverty of Historicism* (1957). Ocasionalmente, me remito a su original *Logik der Forschung* (1935) y a su *Open Society and Its Enemies* (1945). En mi propio *La estructura de las revoluciones científicas* hay una descripción más extensa de muchos de los problemas que aquí se tratan.

<sup>2</sup> Es de suponerse que sea algo más que una coincidencia el hecho de este traslape. Yo no había leído nada del trabajo de sir Karl hasta la aparición, en 1959, de la traducción al inglés de su *Logik der Forschung* (época en la cual mi propio trabajo existía apenas como borrador), pero ya había oído discutir muchas de sus ideas principales. En

de los productos de la investigación científica. Dado ese interés, ambos hacemos hincapié, como datos legítimos, en los hechos y también en el espíritu de la vida científica real, y ambos nos volvemos hacia la historia para encontrarlos. De esta fuente de datos compartidos, extraemos muchas de las mismas conclusiones. Ambos rechazamos la concepción de que la ciencia progresa por acumulación; ambos subrayamos, en lugar de lo anterior, los procesos revolucionarios durante los cuales la teoría antigua es rechazada y remplazada con otra nueva e incompatible;<sup>3</sup> y ambos hacemos destacar el papel desempeñado en estos procesos por el fracaso ocasional de la teoría antigua en satisfacer las necesidades planteadas por la lógica, el experimento o la observación. Por último, sir Karl y yo estamos unidos en nuestra oposición a muchas de las tesis características del positivismo clásico. Ambos insistimos, por ejemplo, en la correlación, íntima e inevitable, de la observación científica con la teoría científica, somos, por tanto, escépticos acerca de los esfuerzos por producir un lenguaje neutro para la observación; y ambos recalamos que los científicos pueden dedicarse a inventar teorías que *expliquen* los fenómenos observados y que, cuando tal hacen, es en función de objetos *reales*, independientemente del significado de esta última frase.

La lista anterior no agota los temas en los cuales concordamos sir Karl y yo;<sup>4</sup> pero es lo bastante extensa como para ubicarnos dentro de la misma minoría perteneciente al conjunto de los filósofos de la ciencia contemporáneos. Supongo que por tal razón es que los seguidores de sir Karl han constituido con cierta regularidad mi público más afín, filosóficamente hablando, y al cual le estoy muy agradecido. Pero mi gratitud no es completamente pura. El mismo acuerdo que produce

particular, lo escuché exponer algunas de ellas en las conferencias William James, en Harvard, durante la primavera de 1950. Por estas circunstancias, no puedo pormenorizar una deuda intelectual para con sir Karl, pero alguna debo tener.

<sup>3</sup> En otras partes uso el término "paradigma" en lugar de "teoría" para denotar lo que se rechaza y remplaza durante las revoluciones científicas. Más adelante, se apreciarán algunas de las razones para el cambio.

<sup>4</sup> Subrayando otro punto de acuerdo sobre el que ha habido muchos malentendidos, se aclararán mejor las que, según yo, son las diferencias reales entre los puntos de vista de sir Karl y los míos. Ambos insistimos en que el apego a una tradición desempeña un papel esencial en el desarrollo de la ciencia. Él dice, por ejemplo, que "la tradición —aparte de nuestro conocimiento innato— es, cuantitativa y cualitativamente, la fuente más importante de nuestro conocimiento" (Popper, *Conjectures and Refutations*, p. 27). Ya en 1948 sir Karl escribió algo que viene más al caso: "No creo que alguna vez podamos librarnos por completo de los lazos de la tradición. La llamada liberación es tan sólo el cambio de una tradición a otra" (*ibid.*, p. 122).

la afinidad de este grupo desvía muy a menudo su interés. Al parecer, los seguidores de sir Karl pueden leer partes de mi libro como si fuesen capítulos de una revisión (reciente y para algunos drástica) de su clásico *La lógica del descubrimiento científico*. Uno de ellos se pregunta si la idea de la ciencia descrita en mi libro *La estructura de las revoluciones científicas* no ha sido del dominio público desde hace mucho tiempo. Otro, caritativamente, describe mi originalidad como una demostración de que los descubrimientos de los hechos tienen un ciclo de vida muy parecido al de las innovaciones de la teoría. Otros más todavía se sienten en general complacidos por el libro, pero no están de acuerdo en los dos temas, relativamente secundarios, acerca de los cuales es bastante explícito mi desacuerdo con sir Karl: mi insistencia en la importancia del compromiso profundo para con la tradición y mi descontento con las implicaciones del término "refutación". En fin, todas estas personas leen mi libro a través de unos singulares espejuelos, siendo que hay otra manera de leerlo. Lo que se ve a través de esos espejuelos no es erróneo: mi concordancia con sir Karl es real y sustancial. Sin embargo, los lectores que se encuentran fuera del círculo popperiano casi nunca notan ese acuerdo, y son éstos los que más a menudo reconocen —no por fuerza comprensivamente— los que para mí son los problemas centrales. Mi conclusión es que hay un intercambio gestáltico que divide a los lectores de mi libro en dos o más grupos. Lo que uno de éstos ve como sorprendente paralelismo es virtualmente invisible para los otros. El deseo de entender este fenómeno es lo que me motiva para emprender la comparación de mis puntos de vista con los de sir Karl.

La comparación no debe ser, sin embargo, una mera yuxtaposición de punto a punto. Hay que atender no tanto a la parte periférica en la cual pueden ser aislados nuestros desacuerdos ocasionales y de menor importancia, sino a la región central en la cual parecemos estar de acuerdo. Sir Karl y yo recurrimos a los mismos datos; en singular medida, estamos viendo las mismas líneas sobre el mismo papel; si se nos inquiere sobre esas líneas y esos datos, frecuentemente damos respuestas casi idénticas o, por lo menos, respuestas que inevitablemente parecen ser idénticas en el aislamiento resultante del patrón pregunta-respuesta. Sin embargo, experiencias como las que acabo de mencionar me convencen de que nuestras intenciones suelen diferir cuando decimos las mismas cosas. Aunque las líneas sean las mismas, las figuras que de ellas surgen no lo son. Por eso digo que nos separa un intercambio gestáltico antes que un verdadero desacuerdo, y por eso

también me siento desconcertado y a la vez intrigado acerca de la manera mejor de explorar nuestra brecha. ¿Cómo voy a persuadir a sir Karl, quien sabe lo mismo que yo sobre el desarrollo científico y que en una u otra parte lo ha dicho, de que lo que él llama un pato puede verse como un conejo? ¿Cómo demostrarle lo que es llevar mis espejuelos cuando él ya aprendió a mirar todo lo que yo señalo mediante sus propios espejuelos?

En esta situación se requiere de un cambio de estrategia, la cual será sugerida en este párrafo. Leyendo una vez más varios de los principales libros y ensayos de sir Karl, encuentro de nuevo una serie de frases recurrentes que, aunque las entiendo y no desapruero, son expresiones que yo nunca habría usado en los mismos lugares. Indudablemente, la mayoría de las veces se trata de metáforas aplicadas retóricamente a situaciones que, en otras partes, sir Karl ha descrito de manera excepcional. Sin embargo, para lo que aquí nos ocupa, estas metáforas, que me parecen evidentemente impropias, pueden resultar más útiles que las descripciones objetivas. Es decir, pueden ser sintomáticas de diferencias contextuales ocultas detrás de la expresión literaria. De ser así, estas expresiones serán no las líneas-sobre-el-papel sino la oreja-del-conejo, el chai o el listón-en-la-garganta que aísla uno para el amigo al enseñarle a transformar su manera de ver un dibujo gestáltico. Por lo menos, eso es lo que espero de ellas. Tengo en mente cuatro de esas expresiones, las cuales trataré una por una.

Entre los asuntos fundamentales en los cuales concordamos sir Karl y yo figura nuestra insistencia en que, al analizar el desarrollo del conocimiento científico, se tome en cuenta la forma en que la ciencia se practica realmente. Por eso, me alarman algunas de sus frecuentes generalizaciones. Una de ellas se encuentra al principio del capítulo primero de *La lógica del descubrimiento científico*: "Un científico —dice sir Karl—, sea teórico o experimental, propone ciertos enunciados, o sistemas de enunciados, y luego los prueba uno por uno. Más particularmente, en el campo de las ciencias empíricas, formula hipótesis o sistemas de teorías, y seguidamente las confronta con la experiencia mediante la observación y el experimento."<sup>5</sup> Su afirmación es virtualmente un cliché; pero al aplicarlo ofrece tres problemas. Es ambiguo, pues no especifica qué es lo que se está sometiendo a prueba, si "enunciados" o "teorías". Ciertamente es que la ambigüedad puede eliminarse haciendo referencia a otros pasajes de

<sup>5</sup> Popper, *Logic of Scientific Discovery*, p. 27.

los escritos de sir Karl, pero la generalización resultante es errónea desde el punto de vista histórico. Al mismo tiempo, el error es de importancia, pues la forma clara de la descripción prescinde de esa característica de la práctica científica que es lo que mejor distingue a la ciencia de otras actividades creativas.

Hay una clase de "enunciado" o "hipótesis" que los científicos someten repetidamente a prueba sistemática. Tengo en mente los enunciados consistentes en las mejores conjeturas que el investigador se hace sobre la manera correcta de relacionar su problema con el cuerpo de conocimientos científicos aceptado. Puede conjeturar, por ejemplo, que una determinada sustancia química, desconocida, contiene la sal de una tierra rara; que la obesidad de sus ratas experimentales obedece a un determinado componente de sus dietas; o que un espectro recién descubierto debe entenderse como efecto del espín nuclear. En cada caso, los pasos siguientes de su investigación consistirán en tratar de probar la conjetura o hipótesis. Si ésta pasa una serie de pruebas, entonces el científico habrá hecho un descubrimiento o, por lo menos, resuelto el acertijo que traía entre manos. De no ser así, debe abandonar el problema o tratar de resolverlo con la ayuda de otra hipótesis. Aunque no todos, muchos problemas de investigación adoptan esta forma. Las pruebas de esta índole son uno de los componentes normales de lo que en otra parte llamé "ciencia normal" o "investigación normal", actividad que da cuenta de la abrumadora mayoría del trabajo realizado en el terreno de las ciencias básicas. Obsérvese que tales pruebas no apuntan hacia la teoría prevaleciente. Por el contrario, al estar trabajando en un problema de investigación normal, el científico debe *establecer como premisa* la teoría imperante, la cual constituye las reglas de su juego. Su objeto es resolver un misterio, un acertijo, de preferencia uno en el que otros investigadores hayan fracasado; y la teoría presente es necesaria para definir ese misterio y para garantizar que, trabajándolo bien pueda ser resuelto.<sup>6</sup> Por su-

<sup>6</sup> Para una exposición amplia de la ciencia normal, la actividad para la que están formados los profesionales, véase *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. 23-42 y 135-142. Es importante observar que cuando describo al científico como resolvidor de acertijos y sir Karl lo describe como resolvidor de problemas (por ejemplo, en su *Conjectures and Refutations*, pp. 67, 222), la similitud de nuestros términos enmascara una divergencia fundamental. Sir Karl escribe (cursivas son de él): "Es cosa admitida que nuestras expectativas y, por tanto, nuestras teorías pueden preceder, históricamente, a nuestros problemas. Sin embargo, la ciencia sólo comienza con problemas. Los problemas afloran especialmente cuando nos decepcionamos de nuestras expectativas, o cuando nuestras teorías nos meten en dificultades, en contradicciones." Uso el término "acer-

puesto, quien se entrega a tal empresa debe probar frecuentemente la solución hipotética que su ingenio le sugiera. Pero lo único que se prueba es su personal conjetura. Si ésta no pasa la prueba, entonces lo que queda impugnado es exclusivamente su propia destreza y no el cuerpo de la ciencia prevaleciente. En fin, no obstante que las pruebas se dan con frecuencia en la ciencia normal, éstas son de una clase peculiar, pues en última instancia lo sometido a prueba es el propio científico y no la teoría prevaleciente.

Pero ésta no es la clase de prueba de la que habla sir Karl. A él le interesa el camino que sigue la ciencia en su desarrollo, y está convencido de que ese "desarrollo" ocurre principalmente no por acumulación sino por el derrocamiento revolucionario de una teoría aceptada y sustitución de ésta por otra mejor.<sup>7</sup> (La subordinación de "derrocamiento repetido" al término "desarrollo" es, en sí, una extravagancia lingüística cuya *raison d'être* se aclarará en seguida.) Partiendo de aquí, sir Karl subraya las pruebas realizadas para explorar las limitaciones de la teoría aceptada o para someter la teoría triunfante a una tensión máxima. Entre sus ejemplos favoritos, todos ellos alarmantes y de efectos destructivos, están los experimentos de Lavoisier sobre la calcinación, la expedición para observar el eclipse de 1919 y los experimentos recientes sobre la conservación de la paridad.<sup>8</sup> Todas éstas son, desde luego, pruebas clásicas, pero al usarlas para caracterizar la actividad científica sir Karl se olvida de algo terriblemente importante: que acontecimientos como éstos son en extremo raros en el desarrollo de la ciencia. Cuando ocurren, son provocados generalmente por una crisis en un determinado campo de la ciencia (los experimentos de Lavoisier o los trabajos de Lee y Yang),<sup>9</sup> o bien por la existencia de una teoría que rivaliza con los cánones de investigación presentes (la teoría general de la relatividad de Einstein). Éstos son, sin embargo, aspectos de lo que llamé en otra parte "investigación extraordinaria", empresa en la cual los científicos sí muestran muchas de las caracte-

tivo" (o rompecabezas) para subrayar que las dificultades a las que *ordinariamente* se enfrenta incluso el mejor científico son, como los crucigramas o los problemas de ajedrez, verdaderos retos a su ingenio. Él es quien tiene una dificultad, no la teoría del momento. Mi punto es casi opuesto al de sir Karl.

<sup>7</sup> Véase Popper, *Conjectures and Refutations*, pp. 129, 215 y 221, sobre enunciados particularmente vigorosos de esta posición.

<sup>8</sup> Por ejemplo, *ibid.*, p. 220.

<sup>9</sup> Sobre el trabajo relativo a la calcinación, véase Guerlac, *Lavoisier: The Crucial Year* (1961). Sobre los antecedentes de los experimentos de la paridad, véase Hafner y Presswood, "Strong Interference and Weak Interactions", *Science*, 149 (1965): 503-510.

se da únicamente en los *resultados*; el *proceso* de aplicarlas es muy diferente, y aísla distintos aspectos de la actividad acerca de la cual debe tomarse la decisión —la ciencia o la no ciencia—. Al examinar los casos perturbadores, por ejemplo, el psicoanálisis o la historiografía marxista, para los cuales, según sus propias palabras, sir Karl ideó su criterio,<sup>14</sup> estoy de acuerdo en que no puede llamárseles "ciencias" propiamente dichas. Pero llego a esa conclusión por una ruta mucho más segura y directa que la de él. Con un breve ejemplo se verá que, de los dos criterios, el de la prueba y el de la solución de acertijos, este último es a la vez el menos equívoco y el más fundamental.

Para evitar controversias contemporáneas que no vienen al caso, prefiero examinar la astrología en lugar de, digamos, el psicoanálisis. El de la astrología es el ejemplo de "seudociencia" citado más frecuentemente por sir Karl.<sup>15</sup> Éste afirma: "Haciendo sus interpretaciones y profecías en forma suficientemente vaga, [los astrólogos] pudieron justificar cualquier cosa que hubiese constituido una refutación de la teoría si ésta y las profecías hubiesen sido más precisas. Para evadir la refutación, destruyeron la posibilidad de someter a prueba la teoría."<sup>16</sup> En esas generalizaciones, se capta algo del espíritu de la actividad astrológica. Pero, tomadas literalmente, como debiera hacerse para que brinden un criterio de demarcación, son imposibles de sostener. Durante los siglos en que gozó de reputación intelectual, la historia de la astrología registra muchas predicciones que fallaron categóricamente.<sup>17</sup> Ni siquiera los astrólogos más convencidos ni sus defensores más vehementes dudaron de la recurrencia de tales fracasos. Pero la astrología no puede ser eliminada de las ciencias por la forma en que fueron elaboradas sus predicciones.

Tampoco puede ser descartada por la forma en que sus practicantes explicaron el fracaso. Los astrólogos señalaron que, por ejemplo, a diferencia de las predicciones generales acerca de, digamos, las tendencias de un individuo o una calamidad natural, la predicción del futuro de un individuo era tarea inmensamente compleja, que exigía la suprema destreza y que era extremadamente sensible a los errores menores contenidos en los datos. La configuración de las estrellas y los

<sup>14</sup> Popper, *Conjectures and Refutations*, p. 34.

<sup>15</sup> En el índice de *Conjectures and Refutations* hay ocho entradas llamadas "astrología como seudociencia típica".

<sup>16</sup> Popper, *Conjectures and Refutations*, p. 37.

<sup>17</sup> Para ejemplos, véase Thorndike, *A History of Magw and Experimental Science*, 8 vols. (1923-1958), 5:225 ss.; 6:71, 101, 114.

ocho planetas estaban cambiando constantemente; las tablas astronómicas empleadas para calcular la configuración en el momento del nacimiento de un individuo eran imperfectas notoriamente; pocos hombres sabían el instante de su nacimiento con la precisión necesaria.<sup>18</sup> ¿Qué de sorprendente tiene, pues, que fallasen frecuentemente las predicciones? Sólo después de que la propia astrología se volvió implausible, estos argumentos vinieron a encerrarse en un círculo vicioso.<sup>19</sup> Hoy en día, se esgrimen argumentos por el estilo para explicar, por ejemplo, los fracasos en la medicina o en la meteorología. En épocas de problemas son empleados también en las ciencias exactas, en campos como la física, la química y la astronomía.<sup>20</sup> La forma en que los astrólogos explicaron sus fracasos no fue nada acientífica.

Pero la astrología no era una ciencia. Se trataba más bien de un oficio, una artesanía, algo parecido a la ingeniería, la meteorología y la medicina tal y como se practicaron estas actividades hasta hace poco más de un siglo. Se parece mucho, creo, a la medicina antigua y al psicoanálisis contemporáneo. En cada uno de estos campos, la teoría compartida era adecuada sólo para establecer la plausibilidad de la disciplina y para fundamentar las reglas empíricas que gobernaban la práctica. Estas reglas resultaron útiles en el pasado, pero ninguno de sus practicantes supuso que bastarían para impedir el fracaso recurrente. Se deseaban una teoría más articulada y reglas más útiles, pero habría sido absurdo abandonar una disciplina plausible y de lo más necesaria, con una tradición de éxito limitado, sencillamente porque esos deseos no se pudiesen cumplir todavía. Faltando tales elementos, sin embargo, ni el astrólogo ni el médico podían hacer investigación. Aunque tenían reglas que aplicar, no tenían acertijos que resolver y, por consiguiente, tampoco ciencia que practicar.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> Para explicaciones reiteradas del fracaso, véase *ibid.*, 1:11, 514-515; 4:368; 5:279.

<sup>19</sup> Una penetrante relación de las razones de que la astrología haya perdido plausibilidad se encuentra en Stahlman, "Astrology in Colonial America: An Extended Query", *WilkamandMaryQuarterly*, 13(1956): 551-563. Para una explicación del atractivo anterior de la astrología, véase Thorndike, "The True Place of Astrology in the History of Science", *Jsis*, 46 (1955): 273-278.

<sup>20</sup> Cf. mi *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 66-76.

<sup>21</sup> Esta formulación indica que podría salvarse el criterio de demarcación de sir Karl, con sólo modificar levemente su forma de expresarlo, y conservándolo de acuerdo con su intento obvio. Para que un campo sea una ciencia, sus conclusiones deben derivarse lógicamente de premisas compartidas. De este modo, la astrología sería eliminada no porque sus pronósticos no puedan comprobarse, sino porque únicamente los más generales y menos comprobables son los que pueden derivarse de una teoría aceptada. Como todo



Compárese la situación del astrónomo con la del astrólogo. Si la predicción de un astrónomo fallaba y éste verificaba sus cálculos, aún tenía la esperanza de enderezar la situación. Quizá los datos fuesen incorrectos: podían reexaminarse las observaciones antiguas y hacerse mediciones nuevas, tareas que planteaban toda una variedad de problemas de cálculo y del funcionamiento de los instrumentos. O quizá hubiese que hacer ajustes a la teoría, bien arreglando los epiciclos, las excéntricas, los ecuantos, etc., o bien haciendo reformas fundamentales a la técnica astronómica. Durante más de un milenio, fueron éstos los acertijos teóricos y matemáticos de los que, aunados a sus correlatos instrumentales, se constituyó la tradición de la investigación astronómica. Al astrólogo, en cambio, no se le presentaron estos acertijos. Podía explicarse el acontecimiento de fracasos, pero los fracasos particulares no daban lugar a acertijos de investigación, pues ningún hombre, por diestro que fuese, podía emplearlos en un intento constructivo por revisar la tradición astrológica. Había muchas posibles fuentes de dificultad, la mayor parte de ellas más allá de los conocimientos, el control o la responsabilidad del astrólogo. Por eso, los fracasos individuales no arrojaban información nueva como tampoco, a los ojos de los colegas, se reflejaban en la competencia del pronosticador.<sup>22</sup> Aunque regularmente el astrónomo y el astrólogo se daban en una misma persona, por ejemplo Tolomeo, Kepler y Tycho Brahe, nunca existió el equivalente astrológico de la tradición astronómica de solución de acertijos. Y, sin problemas que pusiesen a prueba el ingenio del individuo, la astrología no podía convertirse en una ciencia, aun cuando las estrellas hubiesen controlado efectivamente el destino humano.

campo que satisficiera tal condición *podría* apoyar una tradición de solución de acertijos, la sugerencia es claramente útil. Casi se convierte en la condición suficiente para que un campo dado sea una ciencia. Pero, en esta forma por lo menos, no es ni siquiera una condición suficiente y de seguro no es una condición necesaria. Admitiría como ciencias, por ejemplo, la topografía y la navegación, y se opondría a la taxonomía, la geología histórica y la teoría de la evolución. Las conclusiones de una ciencia deben ser precisas y válidas, sin ser totalmente derivables por procedimientos lógicos de las premisas aceptadas. Véase mi *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 35-51, y también la exposición que sigue.

<sup>22</sup> Con esto no se sugiere que los astrólogos no se criticaran unos a otros. Por lo contrario, como los profesionales de la filosofía y algunas ciencias sociales, pertenecían a toda una variedad de escuelas, y la contienda entre éstas era a veces llena de mordacidad. Pero ordinariamente estos debates giraban en torno de la *implausibilidad* de la particular teoría aceptada por una u otra escuela. No se les concedía mucha importancia a los fracasos de las predicciones individuales. Compárese con Thórndike, *A History of Magic and Experimental Science*, 5:233.

En suma, si bien los astrólogos hicieron predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba y reconocieron que a veces fallaban tales predicciones, no trabajaron en la clase de actividades que caracterizan normalmente a todas las ciencias reconocidas. Tiene razón sir Karl cuando excluye a la astrología de las ciencias. Pero el concentrarse casi exclusivamente en los cambios revolucionarios de la teoría científica le impide la mejor razón para excluirla. Este hecho puede explicar, a su vez, otra peculiaridad de la historiografía de sir Karl. A pesar de que subraya una y otra vez el papel de las pruebas en el remplazo de las teorías, por ejemplo la de Tolomeo, fueron remplazadas por otras antes de haber sido probadas verdaderamente.<sup>23</sup> Por lo menos en algunas ocasiones, las pruebas no son condiciones indispensables para las revoluciones a través de las cuales avanza la ciencia. Pero no ocurre lo mismo con los acertijos. Aunque las teorías que cita sir Karl no hayan sido puestas a prueba antes de ser desplazadas, ninguna de éstas fue sustituida antes de que dejara de apoyar una tradición de solución de acertijos. Era un escándalo el estado de la astronomía a principios del siglo xvi. Sin embargo, los astrónomos, en su mayoría, pensaban que con ajustes normales de un modelo básicamente tolemaico se enmendaría la situación. En ese sentido, no puede decirse que la teoría no hubiese pasado la prueba. Pero unos cuantos astrónomos, entre ellos Copérnico, pensaron que las dificultades debían residir en el propio enfoque tolemaico antes que en las versiones particulares de la teoría tolemaica, desarrolladas hasta esa época, y los resultados de esa convicción están ya registrados en la historia. La situación es típica.<sup>24</sup> Con o sin pruebas, una tradición de solución de acertijos puede preparar el camino para ser desplazada. Confiar en la prueba como trota distintiva de una ciencia es olvidarse de lo que los científicos hacen principalmente y, con ello, de la característica primordial de su actividad. Todo lo anterior puede servir de antecedente para descubrir rápidamente la ocasión y las consecuencias de otra de las locuciones favoritas de sir Karl. El prefacio a *Conjectures and Refutations* se inicia con estas frases: "Los ensayos y las conferencias de los cuales se compone este libro son variaciones sobre un tema muy simple: la tesis de que *podemos aprender de nuestros errores*." Las cursivas son de sir Karl; la tesis se repite en sus escritos desde hace mucho;<sup>25</sup> vista aisladamente, de

<sup>23</sup> Véase Popper, *Conjectures and Refutations*, p. 246.

<sup>24</sup> Véase mi *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 77-87.

<sup>25</sup> La cita se tomó de Popper, *Conjectures and Refutations*, p. vii, de un prefacio que data

modo inevitable obliga a compartirla. Todo el mundo puede aprender y aprende de sus errores; distinguirlos y corregirlos es técnica esencial de la enseñanza infantil. La retórica de sir Karl arraiga en la experiencia cotidiana. Sin embargo, en el contexto en que invoca este imperativo familiar, su aplicación parece ser definitivamente impropia. Y no estoy seguro de que se haya cometido un error, por lo menos un error del que se pueda aprender algo.

No es necesario enfrentarse a los problemas filosóficos más profundos que presentan los errores para ver lo que está en juego en este momento. Es un error sumar tres más tres y obtener cinco, o concluir, de "Todos los hombres son mortales", que "Todos los mortales son hombres". Por razones diferentes, es un error decir "El es mi hermana", o comunicar la presencia de un fuerte campo eléctrico cuando las cargas de prueba no lo indican. Es de suponerse que haya aun otras clases de errores, pero los normales probablemente comparten las siguientes características: se comete un error en un momento y lugar especificables, por un individuo determinado. Tal individuo no ha obedecido una de las reglas establecidas de la lógica o del lenguaje, o bien de las relaciones entre alguna de éstas y la experiencia. O tal vez no haya reconocido las consecuencias de una elección particular entre las opciones que las reglas le permiten. El individuo puede aprender de su error sólo que el grupo cuya práctica incorpora estas reglas pueda aislar la falla del individuo en aplicarlas. En suma, las clases de errores a las cuales se aplica más obviamente el imperativo de sir Karl son las de las fallas del individuo en entender o en reconocer algo dentro de una actividad gobernada por reglas preestablecidas. En las ciencias, tales errores ocurren con más frecuencia y quizá exclusivamente dentro de la práctica de la investigación de solución normal de acertijos.

Pero no es ahí en donde busca sir Karl, pues su concepto de ciencia oscurece incluso la existencia de la investigación normal. En lugar de ello, examina los acontecimientos extraordinarios o revolucionarios del desarrollo científico. Los errores que señala no son actos sino más bien teorías científicas anacrónicas: la astronomía tolemaica, la teoría del flogisto o la dinámica newtoniana. Y "aprender de nuestros errores" es, correspondientemente, lo que ocurre cuando una comunidad

de 1962, Anteriormente, sir Karl equiparaba "aprender de nuestras equivocaciones" con "aprender por ensayo y error" (*ibid.*, p. 216), y la formulación de por ensayo y error data por lo menos de 1937 (*ibid.*, p. 312); en espíritu es más antigua que aquélla. Mucho de lo que se dice en seguida sobre la noción de "equivocación" en sir Karl se aplica igualmente a su concepto de "error".

científica rechaza una de esas teorías y la sustituye por otra.<sup>26</sup> Si esto no se ve de inmediato como un uso irregular, ello se debe a que despierta la parte inductivista que hay en todos nosotros. Creyendo que las teorías válidas son producto de inducciones correctas a partir de los hechos, el inductivista debe sostener también que una teoría falsa es resultado de un error de inducción. Por lo menos en principio, está preparado para responder estas preguntas: ¿qué error se cometió?, ¿qué regla se violó?, ¿cuándo y por quién para llegar al —digamos— sistema tolemaico? Para el hombre que encuentra razonables estas preguntas, y sólo para él, la expresión de sir Karl no presenta problemas.

Pero ni sir Karl ni yo somos inductivistas. No creemos que haya reglas para inducir teorías correctas a partir de los hechos, y ni siquiera que las teorías, correctas o incorrectas, sean producto de la inducción. Más bien las vemos como afirmaciones imaginativas inventadas de una sola vez para ser aplicadas a la naturaleza. Y aunque indicamos que tales afirmaciones pueden terminar por encontrarse —y usualmente así ocurre— problemas que no pueden resolverse, reconocemos también que esas confrontaciones problemáticas suceden raramente durante cierto tiempo después de que una teoría ha sido inventada y aceptada. Según nosotros, pues, no se cometió ningún error para llegar al sistema tolemaico, y por eso se me dificulta tanto entender lo que quiere decir sir Karl cuando a ese sistema, o a cualquier otra teoría anacrónica, le llama error. Lo más que podría decirse es que una teoría que anteriormente no era errónea se ha convertido en errónea, o que un científico ha cometido el error de aferrarse demasiado tiempo a una teoría. Y aun estas expresiones, de las cuales por lo menos la primera es extremadamente inconveniente, no nos devuelven al significado de error con el cual estamos más

\*\* *Ibid.*, pp. 215 y 220. En estas páginas sir Karl describe e ilustra su tesis de que la ciencia crece por revoluciones. Mientras tanto, no yuxtapone siempre el término "equivocación" al nombre de una teoría científica extemporánea, quizá porque gracias a su buen instinto histórico no cae en tan burdo anacronismo. Sin embargo, el anacronismo es fundamental en la retórica de sir Karl, lo que da reiterados indicios de las diferencias fundamentales que existen entre nosotros. A menos que las teorías anticuadas sean equivocaciones, no hay manera de reconciliar, digamos, el párrafo inicial del prefacio de sir Karl (*ibid.*, p. vii: "aprender de nuestras equivocaciones"; "nuestros intentos, a menudo equivocados, por resolver nuestros problemas"; "pruebas que pueden ayudarnos a descubrir nuestras equivocaciones") con lapídea (*ibid.*, p. 215) de que "el desarrollo del conocimiento científico... [consiste en] el continuo derrocamiento de las teorías científicas y su sustitución por otras mejores o más satisfactorias".

familiarizados. Esos errores son los normales que un astrónomo tolemaico (o copernicano) comete dentro de su sistema, quizá en la observación, el cálculo o el análisis de los datos. Es decir, son la clase de errores que deben ser aislados y luego corregidos, dejando intacto el sistema original. En el sentido que le da sir Karl, por otra parte, un error contamina a todo el sistema y sólo puede ser corregido sustituyendo por otro todo el sistema. Ninguna expresión, ni nada que se le parezca, puede encubrir estas diferencias fundamentales, como tampoco se puede ocultar el hecho de que antes de la contaminación el sistema poseía la integridad característica de lo que llamamos ahora conocimiento sólido.

Posiblemente pueda salvarse el sentido que sir Karl le da al término "error", pero para lograrlo debemos despojarlo de ciertos significados que tiene todavía. Como el término "probar", el de "error" se tomó prestado de la ciencia normal, en donde su empleo es razonablemente claro, para aplicarlo a los acontecimientos revolucionarios, en donde tal aplicación no deja de ser problemática. Esa transferencia crea, o por lo menos robustece, la impresión prevaleciente de que teorías enteras pueden juzgarse con los mismos criterios que se emplean para juzgar las aplicaciones de una teoría dentro de un trabajo de investigación individual. Cobra entonces urgencia, para muchos, el descubrimiento de los criterios aplicables al caso. Que sir Karl figure entre ellos me parece extraño, pues la búsqueda va en contra de la idea más original de su filosofía de la ciencia. Pero no puedo entender de otra manera sus escritos metodológicos desde la *Logik der Forschung*. Ahora, a pesar de todas las impugnaciones explícitas, sugeriré que ha buscado consecuentemente procedimientos de evaluación aplicables a teorías, los cuales posean la seguridad evidente que caracteriza a las técnicas por las cuales se identifican los errores en la aritmética, la lógica o la medición. Me Temo que está persiguiendo una quimera nacida de la misma confusión de la ciencia normal con la extraordinaria, y que ha hecho que las pruebas parezcan un componente fundamental de las ciencias.

En su *Logik der Forschung*, sir Karl subrayó la asimetría de una generalización y su negación con respecto a las pruebas empíricas. No se puede demostrar que una teoría científica se aplique a todos los casos posibles, pero sí que no se aplica a determinados casos. La insistencia en ese axioma lógico y en sus implicaciones parece ser un paso adelante, y de ahí no debemos retroceder. La misma asimetría desempeña un papel fundamental en mi *Estructura de las revoluciones científicas*,

en donde el fallo de una teoría para dar reglas que identifiquen los acertijos solucionables se ve como la fuente de las crisis profesionales que a menudo terminan con el cambio de la teoría. Lo que estoy diciendo es casi lo mismo que sir Karl, y bien puedo haberlo tomado de lo que oí sobre su trabajo.

Pero sir Karl describe como "refutación" lo que ocurre cuando no se puede aplicar una teoría a un caso dado. Y ésta es la primera de una serie de expresiones relacionadas, cuya peculiaridad me ha dejado sorprendido. "Refutación" es antónimo de "prueba". Uno y otro término provienen de la lógica y de las matemáticas formales; las cadenas de argumentos a las cuales se aplican concluyen con un "Q.E.D." Invocar estos términos implica la capacidad de lograr el asentimiento de cualquier miembro de la comunidad profesional de que se trate. No hace falta, sin embargo, decirle a ninguno de los miembros de este público que, cuando toda una teoría o acaso una ley científica están en juego, los argumentos rara vez son tan evidentes. Pueden impugnarse todos los experimentos, ya sea en razón de su pertinencia o su precisión. Pueden modificarse todas las teorías mediante los más variados ajustes *ad hoc*, sin que, en términos generales, dejen de ser las mismas teorías. Además, es importante que esto sea así, pues frecuentemente el conocimiento científico crece por impugnación de las observaciones o por ajuste de las teorías. Las impugnaciones y los ajustes son una parte común y corriente de la investigación normal dentro de las ciencias empíricas, y los ajustes no dejan de tener un papel predominante en las matemáticas informales. El brillante análisis que el doctor Lakatos hace de las réplicas permisibles a las refutaciones matemáticas constituye el argumento más revelador que conozco en contra de una posición "refutacionista" ingenua.<sup>27</sup>

Sir Karl no es, desde luego, un refutacionista ingenuo. Sabe lo que acabo de decir y lo ha subrayado desde el principio de su carrera. Ya en *La lógica del descubrimiento científico*, por ejemplo, escribe: "En realidad, no puede producirse ninguna refutación concluyente de ninguna teoría, pues siempre es posible decir que los resultados experimentales no son dignos de confianza, o que las discrepancias que se dice existen entre los resultados experimentales y la teoría son sólo aparentes, y que se desvanecerán cuando tengamos más conocimientos."<sup>28</sup> Enunciados como éste muestran una semejanza más entre las

I. Lakatos, "Proofs and Refutationa", *British Journal for the Philosophy of Science*, 14 (1963-1964): 1-25, 120-139, 221-243, 296-342.

\* Popper, *Logic of Scientific Discovery*, p. 50.

ideas de sir Karl y las mías, pero lo que hacemos con ellas difiere bastante. Para mí, son enunciados fundamentales, tanto en calidad de pruebas como de fuentes. Para sir Karl, en cambio, son una limitación esencial que amenaza la integridad de su posición básica. Barrió con la impugnación concluyente, pero no la sustituyó con ninguna otra cosa, y la relación que sigue tomando en cuenta es la de la refutación lógica. Si bien no es un refutacionista ingenuo, creo que, legítimamente, puede tratarse como tal. Si estuviese interesado exclusivamente en la delimitación, entonces los problemas que plantea la inexistencia de las refutaciones concluyentes serían menos graves y quizá eliminables. Esto es, se llegaría a la delimitación por un criterio exclusivamente sintáctico.<sup>29</sup> El punto de vista de sir Karl sería entonces, y quizá ya lo sea, el de que una teoría es científica si, y sólo si, *los enunciados de la observación* —particularmente las negaciones de proposiciones existenciales singulares— pueden deducirse lógicamente de ella, quizá en conjunto con el conocimiento establecido como antecedente. Entonces no vendrían al caso las dificultades —a las cuales me referiré en breve— que se presentan al decidir si una determinada operación de laboratorio justifica el emitir un determinado enunciado de observación. Quizá, aunque la base para hacerlo así sea menos evidente, podrían eliminarse las dificultades igualmente graves de decidir si un enunciado de observación deducido de una versión aproximada —por ejemplo, manejable matemáticamente— de la teoría debe considerarse o no una consecuencia de la propia teoría. Problemas como éstos no pertenecerían a la sintaxis, pero sí a la pragmática o a la semántica del lenguaje en que estuviese expresada la teoría, y por lo mismo no desempeñarían ningún papel en determinar su calidad de ciencia. Para que sea científica, una teoría sólo puede ser refutada por un enunciado de observación y no por la observación real. La relación entre enunciados, a diferencia de la que hay entre enunciado y observación, sería la refutación concluyente tan familiar en la lógica y en las matemáticas.

Por razones ya indicadas (nota 21) y que en seguida ampliaré, dudo que las teorías científicas puedan expresarse sin cambio decisivo en forma tal que permita los juicios, puramente sintácticos, que exige esta versión del criterio de sir Karl. Pero, aunque así fuese, sobre estas

<sup>29</sup> Aunque mi punto de vista es algo diferente, mi reconocimiento de la necesidad de enfrentar este problema se lo debo a las severas críticas de C.G. Hempel, dirigidas a quienes mal interpretan a sir Karl atribuyéndole una creencia en la refutación absoluta y no en la relativa. Véase Hempel, *Aspects of Scientific Explanation* (1965), p. 45. También le agradezco a Hempel su crítica, penetrante y aguda, al borrador de este artículo.

« teorías reconstruidas podría fundarse solamente su criterio de delimitación, pero no la lógica del conocimiento, asociada tan íntimamente con aquél. Este último es, sin embargo, el interés más persistente de sir Karl, y su noción del mismo, muy precisa. "La lógica del conocimiento", escribe, "consiste solamente en investigar los métodos empleados en esas pruebas sistemáticas a las que debe someterse toda idea nueva para que sea tratada seriamente."<sup>30</sup> De esta investigación, prosigue, resultan reglas metodológicas o convenciones como la siguiente: "Una vez que se ha propuesto y probado una hipótesis, y que se ha probado su validez, no puede ser descartada sin una 'buena razón'. Una 'buena razón' sería, por ejemplo.... La refutación de una de las consecuencias de la hipótesis."<sup>31</sup>

Reglas como éstas, y con ellas toda la actividad lógica ya descrita, dejan de ser de significado puramente sintáctico. Requieren que tanto el investigador epistemológico como el investigador científico sean capaces de relacionar proporciones provenientes de una teoría no con otras proporciones sino con observaciones y experimentos reales. Éste es el contexto en el que debe funcionar el término "refutación, de sir Karl, pero él no nos dice nada sobre cómo ocurriría tal cosa. ¿Qué es refutación sino una impugnación concluyente? ¿En qué circunstancias la *lógica* del conocimiento requiere que un científico abandone la teoría aceptada al enfrentarla no a enunciados sobre experimentos, sino a los propios experimentos? Por el momento quedan sin respuesta estas preguntas, y no estoy nada seguro de lo que sir Karl nos haya dado como lógica del conocimiento. En mi conclusión, sugeriré que, aunque igualmente valiosa, es absolutamente otra cosa. En lugar de una lógica, sir Karl nos da una ideología; en lugar de reglas metodológicas, nos da máximas aplicables a los procedimientos.

La conclusión, sin embargo, se pospondrá hasta después de darle una mirada más profunda a la fuente de las dificultades que presenta la noción de refutación, de sir Karl. Presupone, como ya indiqué, que una teoría se expresa, o puede expresarse sin distorsión, en forma tal que le permite al científico clasificar todo acontecimiento concebible, bien como caso confirmatorio, caso refutatorio o caso improcedente respecto de la teoría. Obviamente, esto es lo que se requiere para que una ley general sea refutable: para probar la generalización  $(x) \langle j \rangle (x)$  aplicándola a la constante  $a$ , tenemos que poder decir si  $a$  está o no está dentro del dominio de la variable  $x$  y si o no  $0(a)$ . La misma

<sup>30</sup> Popper, *Logic of Scientific Discovery*, p. 31.

<sup>31</sup> *Ibid.*, pp. 53-54.

presuposición es aún más evidente en la medida de verosimilitud elaborada recientemente por sir Karl. Exige que se obtenga primero la clase de todas las consecuencias lógicas de la teoría y luego, de entre éstas, y con la ayuda del conocimiento antecedente, se elijan las clases de todas las consecuencias verdaderas y todas las consecuencias falsas.<sup>32</sup> Por lo menos, debemos hacer esto si del criterio de verosimilitud va a resultar un *método* de elección de teoría. Pero ninguna de estas tareas puede cumplirse a menos que la teoría posea una articulación lógica total y a menos que los términos que la vinculan con la naturaleza estén lo suficientemente definidos como para determinar su aplicabilidad en cada caso posible. En la práctica, sin embargo, no hay teoría científica que satisfaga estas rigurosas demandas, y son muchos los que argumentan que, si así fuese, una teoría dejaría de ser útil en la investigación.<sup>33</sup> En otra parte, introduce el término de "paradigma" para recalcar la dependencia de la investigación científica respecto de los ejemplos concretos que llenan lo que de otra manera serían huecos en la especificación del contenido y aplicación de las teorías científicas. No repetiré aquí los argumentos que vienen al caso. Aunque me aparte un poco de mi exposición, será útil describir un ejemplo breve.

Mi ejemplo toma la forma de un resumen construido de algún conocimiento científico elemental. Ese conocimiento se refiere a los cisnes y para aislarlas características que aquí nos interesan haré tres preguntas sobre él. *a)* ¿Cuánto puede saberse sobre los cisnes sin introducir generalizaciones explícitas como "Todos los cisnes son blancos"? *b)* ¿En qué circunstancias y con qué consecuencias vale la pena agregar tales generalizaciones a lo que ya se sabe sin ellas? *c)* ¿En qué circunstancias se rechazan las generalizaciones en cuanto son hechas? Al hacer estas preguntas, me propongo sugerir que, si bien la lógica es un instrumento poderoso y a fin de cuentas esencial en la investigación científica, puede uno tener conocimientos sólidos en formas a las que la lógica apenas si puede aplicarse. Al mismo tiempo, sugiero que toda articulación lógica no es un valor en sí, y que debe tratar de lograrse sólo cuando y en la medida en que las circunstancias la exijan.

<sup>32</sup> Popper, *Conjectures and Refutations*, pp. 233-235. Obsérvese también en la nota al pie de la última de estas páginas, que la comparación que hace sir Karl de la verosimilitud relativa de dos teorías depende de que "[no haya] cambios revolucionarios en nuestro conocimiento antecedente", suposición que no argumenta en ninguna parte y que es difícil de reconciliar con su concepción del cambio científico mediante revoluciones.

<sup>33</sup> Braithwaite, *Scientific Explanation* (1953), pp. 5W57, especialmente p. 76, y mi *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 97-101.

Imagine que le han enseñado diez aves, de las cuales se acuerda, y que han sido identificadas categóricamente como cisnes; que está usted familiarizado de la misma manera con patos, gansos, pichones, palomas, gaviotas y otras; y que se le informa a usted que cada uno de estos tipos constituye una familia natural. Usted ya sabe que una familia natural es un agregado de objetos iguales, lo suficientemente importantes y lo bastante distintos como para merecer un nombre genérico. Más exactamente, aunque aquí simplifico el concepto más de la cuenta, una familia natural es una clase cuyos miembros se asemejan entre sí más de lo que se asemejan a los miembros de otras familias naturales.<sup>34</sup> La experiencia de las generaciones hasta la fecha ha confirmado que todos los objetos observados pertenecen a una u otra familia natural. Es decir, se ha demostrado que la población total del globo puede dividirse siempre —aunque no de una vez ni para siempre— en categorías perceptualmente discontinuas. Se cree que en los espacios perceptuales que dejan entre sí estas categorías no existe ningún objeto.

Lo que aprende usted de los cisnes a través de los paradigmas es casi lo mismo que aprenden los niños acerca de los perros y los gatos, las mesas y las sillas, las madres y los padres. Su extensión y contenido precisos son, desde luego, imposibles de especificar. Pero, a pesar de ello, son conocimientos sólidos. Partiendo de la observación, pueden ser confirmados mediante otras observaciones y, en tanto, constituyen la base de la acción racional. Al ver un ave que se parece a los cisnes que usted ya conoce, podrá suponer razonablemente que necesitará los mismos alimentos que los demás y con éstos la alimentará. Admitido que los cisnes constituyen una familia natural, ningún ave que se parezca a éstos mostrará características radicalmente diferentes al ser examinada de cerca. Claro está que puede usted haber sido mal informado sobre la integridad natural de la familia de los cisnes. Pero eso puede descubrirse por la experiencia; por ejemplo, con el descubrimiento de varios animales —nótese que hace falta más de uno— cuyas características llenan el hueco entre los cisnes y, digamos, los

<sup>34</sup> Nótese que la semejanza entre los miembros de una familia natural es aquí una relación aprendida y que puede desaprenderse. Obsérvese el viejo dicho: "A un occidental, todos los chinos le parecen iguales." Ese ejemplo me aclara también las simplificaciones más drásticas introducidas en este punto. En una discusión más completa tendrían que admitirse jerarquías de familias naturales con relaciones de semejanza entre las familias de los niveles superiores.

gansos, por intervalos escasamente perceptibles.<sup>35</sup> Pero mientras eso no ocurra, sabrá usted mucho acerca de los cisnes, aunque no esté usted muy seguro de lo que sabe ni conozca lo que es un cisne.

Suponga usted ahora que todos los cisnes que ha observado realmente son blancos. ¿Aceptaría la generalización de que "Todos los cisnes son blancos"? Al hacerlo así, cambiará muy poco lo que usted sabe; ese cambio será útil sólo en el caso improbable de que se encuentre usted un ave no blanca que, en todo lo demás, parezca ser un cisne; al hacer el cambio, aumenta usted el riesgo de que la familia de los cisnes no sea, a fin de cuentas, una familia natural. En tales circunstancias, probablemente se abstenga usted de hacer la generalización a menos que tenga razones especiales para lo contrario. Quizá, por ejemplo, deba usted describir cisnes a hombres a los que no pueden enseñárseles directamente los paradigmas. Sin precauciones sobrehumanas, tanto de parte de usted como de sus lectores, su descripción adquirirá la fuerza de una generalización; y éste es a veces el problema del taxonomista. O quizá haya descubierto usted algunas aves grises que, en lo demás, son como los cisnes, pero se alimentan de otro modo y tienen mal carácter. Puede usted generalizar entonces para evitar un error conductual. O puede usted tener una razón más teórica para pensar que vale la pena hacer la generalización. Por ejemplo, ha observado usted que los miembros de otras familias naturales comparten la coloración. Especificando este hecho en forma tal que permita la aplicación de las poderosas técnicas lógicas a lo que usted ya sabe aprenderá usted más sobre el color de los animales en general o sobre la alimentación de estos mismos.

Ahora, habiendo hecho la generalización, ¿qué hará usted si se encuentra con un ave negra que, en todo lo demás, sea igual a un cisne? Creo que casi las mismas cosas que si no se hubiese comprometido con la generalización. Examinará usted el ave cuidadosamente, en lo exterior y quizá en lo interior también, para encontrar otras características que distingan este espécimen de sus paradigmas. Ese examen será especialmente largo y completo en la medida en que tenga usted razones teóricas para creer que el color caracteriza a las familias naturales, o bien en la medida en que se sienta usted comprometido

<sup>M</sup> En esta experiencia, no habría necesidad de abandonar ni la categoría de "cisnes" ni la categoría de "gansos", pero sí haría falta la introducción de una frontera *arbitraria* entre ellas. Las familias de "cisnes" y "gansos" dejarían de ser familias naturales, y no podría usted sacar conclusión alguna sobre el carácter de un ave nueva parecida a los cisnes que no fuera también válida para los gansos. Para que la pertenencia a una familia posea contenido cognoscitivo es esencial que haya un espacio perceptual vacío.

para con la generalización. Muy probablemente, el examen revelará otras diferencias, y anunciará usted entonces el descubrimiento de una nueva familia natural. O tal vez no encuentre tales diferencias y tenga que anunciar que ha encontrado un cisne negro. La observación, sin embargo, no puede forzarlo a usted a refutar la conclusión, y en caso de que lo haga, usted será el único perdedor. Las consideraciones teóricas pueden indicar que basta con el color para delimitar una familia natural: el ave no es un cisne porque es negra. O, sencillamente, puede usted aplazar el problema mientras no descubra ni examine otros especímenes. Sólo en el caso de que se haya comprometido usted con una definición totalizadora de "cisne", la cual especifique su aplicabilidad a todo objeto concebible, se verá usted/o/zado lógicamente a abjurar de su generalización.<sup>36</sup> ¿Y por qué habría usted dado tal definición? No desempeñaría ninguna función cognoscitiva, pero sí lo expondría a usted a riesgos tremendos.<sup>37</sup> A veces, desde luego, vale la pena correr riesgos, pero decir más de lo que se sabe, tan sólo por correr el riesgo, es una temeridad.

Creo que, aunque más articulado lógicamente y mucho más complejo, el conocimiento científico es de esta índole. Los libros y los profesores de los cuales se adquiere presentan ejemplos concretos junto con toda una multitud de generalizaciones teóricas. Ambos son portadores esenciales del conocimiento y, por lo tanto, es *pkkwikiano* buscar un criterio metodológico que supuestamente le permita al científico especificar, de antemano, si cada caso imaginable confirma o refuta su teoría. Los criterios de que dispone, explícitos e implícitos, bastan para responder esa pregunta sólo en los casos claramente confirmatorios o claramente improcedentes. Éstos son los casos que él espera encontrar, los únicos para los cuales sirve su conocimiento. Al enfrentarse a lo inesperado, debe siempre investigar más para articu-

<sup>36</sup> Una prueba más sobre la artificialidad de definiciones como ésta se obtiene con la siguiente pregunta: ¿debe incluirse la "blancura" como característica que define los cisnes? De ser así, la generalización "Todos los cisnes son blancos" es inmune a la experiencia. Pero si se excluye de la definición la "blancura", entonces debe incluirse alguna otra característica a la que haya sustituido "blancura". Las decisiones sobre qué características van a formar parte de una definición y cuáles van a estar disponibles para el enunciado de leyes generales son frecuentemente arbitrarias y, en la práctica, rara vez se toman. El conocimiento no suele articularse de esa manera.

<sup>37</sup> A esta forma incompleta de las definiciones se le llama a veces "textura abierta" o "vaguedad de significado", pero frases como éstas me parecen torcidas. Quizá las definiciones sean incompletas, pero no hay nada mal en los significados. ¡Así es como se comportan los significados!

lar su teoría en el punto en donde se ha originado el problema. Luego, puede rechazarla a favor de otra por una buena razón. Pero ningún criterio exclusivamente lógico puede dictar por entero la conclusión que debe sacar.

Casi todo lo dicho hasta aquí suena como variaciones sobre un mismo tema. Los criterios según los cuales los científicos determinan la validez de una articulación o una aplicación de la teoría existente no son en sí suficientes para determinar la elección entre teorías rivales. Sir Karl se equivoca al transferir características seleccionadas de la investigación cotidiana a los ocasionales acontecimientos revolucionarios en los cuales el avance científico es más obvio, y al pasar por alto, en adelante, la actividad cotidiana. En particular, trata de resolver el problema de la elección de teoría durante las revoluciones conforme a criterios lógicos aplicables totalmente sólo cuando una teoría ya puede darse por sentada. Ésta es la parte más grande de la tesis que sostengo en este artículo, y sería toda mi tesis si me contentase con dejar formuladas las preguntas que a raíz de ellas han surgido. ¿Cómo eligen los científicos entre teorías rivales? ¿Cómo hemos de entender la forma en que progresa la ciencia?

Permítaseme aclarar de una vez que, luego de haber abierto la caja de Pandora, la cerraré de inmediato. Acerca de estas preguntas hay mucho que no entiendo todavía y que tampoco pretendo haber entendido. Pero pienso que veo las direcciones en las cuales deben buscarse las respuestas, y concluiré con un intento por señalar el camino. Cerca del final, encontraremos una vez más un conjunto de las expresiones características de sir Karl.

Debo comenzar por preguntar qué es lo que requiere ser explicado todavía. No que los científicos descubren la verdad sobre la naturaleza ni que se aproximan cada vez más a la verdad. A menos que, como indica uno de mis críticos,<sup>38</sup> definamos simplemente la aproximación a la verdad como producto de lo que los científicos hacen, no podemos reconocer el progreso hacia ese objetivo. En su lugar, debemos explicar por qué la ciencia —nuestra muestra más segura de conocimiento sólido— progresa como lo hace, y lo primero que debemos descubrir es cómo progresa.

Sorprende lo poco que se sabe sobre la respuesta a esa pregunta descriptiva. Hace falta todavía una gran cantidad de investigación

<sup>38</sup> D. Hawkins, reseña de *Structure of Scientific Revolutions* en *American Journal of Physics*, 31 (1963): 554-555.

empírica realizada en forma inteligente. Con el paso del tiempo, las teorías científicas, tomadas en grupo, son obviamente más y más articuladas. Durante el proceso, se amoldan a la naturaleza en cada vez más puntos y con precisión creciente. El número de asuntos a los cuales puede aplicarse el enfoque de solución de acertijos crece también con el tiempo. Hay una continua proliferación de especialidades científicas en parte por extensión de las fronteras de la ciencia y en parte por la subdivisión de los campos existentes.

Estas generalizaciones son, sin embargo, apenas el principio. Casi no sabemos nada, por ejemplo, de lo que un grupo de científicos sacrifica para lograr las ganancias que ofrece invariablemente una teoría nueva. Mi propia impresión, que no es más que eso, consiste en que una comunidad científica rara vez o nunca adoptará una teoría nueva, a menos que ésta resuelva todos o casi todos los problemas cuantitativos, numéricos, que hayan sido tratados por su antecesora.<sup>39</sup> Por otro lado, con algo de renuencia, sacrificarán poder explicativo, a veces dejando abiertas cuestiones ya resueltas y a veces declarándolas anticientíficas.<sup>40</sup> En otro aspecto, muy poco sabemos sobre los cambios históricos relativos a la unidad de las ciencias. A pesar de ocasionales y espectaculares logros, la comunicación entre especialidades científicas empeora cada vez más. ¿Crece con el tiempo el número de puntos de vista incompatibles sustentados por un número cada vez mayor de comunidades de especialistas? La unidad de las ciencias ¿es un claro valor para el científico, pero al cual estaría dispuesto a renunciar? O, aunque el cuerpo del conocimiento científico crece claramente con el tiempo, ¿qué podemos decir de nuestra ignorancia? Los problemas resueltos durante los últimos treinta años no existían como pregunta sin respuesta hace un siglo. En toda época, el conocimiento científico existente agota virtualmente lo que hay que saber, dejando problemas visibles sólo en el horizonte del conocimiento presente. ¿No es posible, o por lo menos probable, que los científicos contemporáneos sepan menos de lo que hay que saber del mundo actual, que lo que los científicos del siglo xviii sabían del suyo? Es de recordarse que las teorías científicas se amoldan a la naturaleza sólo aquí y allá. ¿Son ahora los intersticios entre esos puntos de contacto más grandes y más numerosos que nunca?

Mientras no podamos contestar preguntas como éstas, tampoco

\*\* Cf. Kuhn, "The Role of Measurement in the Development of Physical Science", *Isis*, 49 (1958): 161-193.

<sup>40</sup> Cf. Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 102-108.

podremos saber lo que es el progreso científico y, por lo mismo, menos aún tendremos esperanzas de explicarlo. Por otra parte, las respuestas a estas preguntas casi darán la explicación buscada. Las dos cosas vienen prácticamente juntas. Ya debe estar claro que, en última instancia, la explicación deberá ser psicológica o sociológica. Es decir, deberá ser la descripción de un sistema de valores, una ideología, junto con un análisis de las instituciones mediante las cuales se transmite e impone ese sistema. Sabiendo qué es a lo que los científicos le conceden valor, podemos tener la esperanza de entender qué problemas atacarán y qué decisiones tomarán en particulares circunstancias de conflicto. Dudo que vaya a encontrarse otra clase de respuestas.

La forma que adoptará esa respuesta es, desde luego, otro asunto. Aquí termina también mi sensación de que controlo el tema que estoy tratando. Pero con algunas generalizaciones de muestra se ilustran las clases de respuestas que deben buscarse. Para el científico, su objetivo principal es la solución de una dificultad conceptual o de un problema de instrumentos. Su éxito en esa empresa lo recompensa el reconocimiento de sólo sus colegas. El mérito práctico de su solución no tendrá otra cosa que un valor secundario, y la aprobación de las personas ajenas a la especialidad es un valor negativo o nulo. Estos valores, que intervienen en prescribir la forma de la ciencia normal, son importantes también en las épocas en que debe elegirse entre teorías. El hombre entrenado como resolvidor de acertijos deseará preservar tantas soluciones como sea posible de las obtenidas por su grupo, y asimismo tratará de llegar al máximo de problemas que puedan ser resueltos. Pero aun estos valores entran frecuentemente en conflicto, y hay otros que dificultan más todavía el problema de la elección. Es a este respecto en donde cobra especial importancia el estudio de aquello a lo que los científicos renunciarían llegado el caso. La simplicidad, la precisión y la congruencia con las teorías pertenecientes a otras especialidades son valores importantes para los científicos, pero no todos ellos prescribirán la misma elección ni serán aplicados de la misma manera. Siendo éste el caso, importa también que la unanimidad del grupo sea un valor supremo, gracias al cual se reduzcan dentro del grupo las ocasiones de conflicto y que dicho grupo se congrege rápidamente en torno de un solo conjunto de reglas para la solución de acertijos, aun al precio de subdividir la especialidad o de excluir a un miembro productivo.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> *iHd.*, pp 161-169.

No estoy sugiriendo que éstas sean las respuestas correctas al problema del progreso científico, sino tan sólo que son los tipos de respuestas que debemos buscar. ¿Puedo tener la esperanza de que sir Karl se unirá en este punto de vista de la tarea por hacer? Durante algún tiempo he supuesto que no, pues un conjunto de frases que se repite en su obra parece contenerlo. Una y otra vez ha rechazado "La psicología del conocimiento" o lo "subjetivo", e insistido en que su interés se dirige preferentemente hacia lo "objetivo" o hacia "la lógica del conocimiento".<sup>42</sup> El título de su contribución fundamental a nuestro campo es *La lógica del descubrimiento científico*, y es allí en donde asevera positivamente que se interesa por los acicates lógicos al conocimiento, antes que por los impulsos psicológicos de los individuos. Hasta hace poco, venía yo suponiendo que esta concepción del problema estaba en contra de la clase de solución por la que abogo.

Pero ahora ya no estoy tan seguro, pues hay otro aspecto en el trabajo de sir Karl que no es del todo incompatible con lo dicho anteriormente. Cuando recházala "psicología del conocimiento", sir Karl se preocupa explícitamente sólo por negar la pertinencia metodológica de la fuente de inspiración del *individuo*, o la sensación de certidumbre del individuo. Y no puedo discrepar con eso. Hay, sin embargo, un largo paso del rechazo de la idiosincrasia psicológica de un individuo al rechazo de los elementos comunes inducidos por la educación y el adiestramiento dentro de la conformación psicológica del miembro titulado de *un grupo científico*. No debe descartarse uno a favor del otro. Y esto es algo que sir Karl parece reconocer a veces. Aunque insiste en que escribe acerca de la lógica del conocimiento, en su metodología tienen un papel esencial pasajes que sólo puedo leer como intentos por inculcar imperativos morales a los miembros del grupo científico.

Escribe sir Karl:

Supóngase que deliberadamente hemos hecho nuestra la tarea de vivir en este desconocido mundo nuestro; que tratamos de adaptarnos a él lo mejor que podemos. . . y de explicarlo, *si es posible* (necesitamos suponer que sí es) y hasta donde sea posible, con ayuda de leyes y teorías explicativas. *Si hemos hecho de esto nuestra tarea, entonces no hay procedimiento más racional que el método de . . . conjetura y refutación*: de proponer teorías valientemente; de hacerlo mejor que podamos para demostrar que son erróneas; y de aceptarlas provisionalmente cuando no tienen éxito nuestros esfuerzos críticos.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Popper, *Logic of Scientific Discovery*, pp. 22, 31-32 y 46; *Conjectures and Refutations*, página 52.

<sup>43</sup> Popper, *Conjectures and Refutations*, p. 51 (cursivas en el original).



Creo que no entenderemos el éxito de la ciencia sin entender antes la fuerza total de imperativos como éstos, inducidos retóricamente y compartidos profesionalmente. Más institucionalizadas, y mejor articuladas —y también de manera algo diferente—, tales máximas y valores pueden explicar el resultado de elecciones que no podrían ser prescritas ni por la lógica ni por el experimento solos. El hecho de que pasajes como éste ocupen lugar prominente en los escritos de sir Karl es, pues, una prueba más de la afinidad de nuestros puntos de vista. Que no los vea siempre como los imperativos sociopsicológicos que son es una prueba más también del cambio gestáltico que tan profundamente nos divide todavía.

## XII. ALGO MÁS SOBRE LOS PARADIGMAS\*

HACE VARIOS años que se publicó mi libro *La estructura de las revoluciones científicas*. Las reacciones que despertó han sido variadas y en ocasiones estruendosas, pero el libro se continúa leyendo y discutiendo mucho. En general, me siento satisfecho por el interés que ha despertado e igualmente por las críticas. Hay, sin embargo, un aspecto de esa reacción que no deja de desalentarme a veces. Al escuchar conversaciones, particularmente entre los entusiastas del libro, en ocasiones me es difícil creer que todos los participantes hayan leído el mismo libro. Pues debo concluir, con pesar, que parte de su éxito se debe a que casi toda la gente puede encontrar casi todas las cosas que quiere.

Ningún aspecto del libro es tan responsable de esa plasticidad excesiva como la introducción del término "paradigma",<sup>1</sup> palabra que figura en sus páginas más que cualquier otra, aparte de las partículas gramaticales. Forzado a explicar la falta de un índice analítico, acostumbro indicar que, si lo tuviera, la entrada que más se consultaría sería la siguiente: "Paradigma, 1-172, *passim*." Las críticas, sean comprensivas o no, coinciden en subrayar el gran número de sentidos diferentes que le doy al término.<sup>2</sup> Un comentarista, quien pensó que

\* Reimpreso con autorización de *The Structure of Scientific Theories*, Frederick Suppe, compilador (Urbana: University of Illinois Press, 1974), pp. 459-482. Copyright 1974 de la Board of Trustees of the University of Illinois.

<sup>1</sup> Otros problemas y fuentes de malentendidos se analizan en mi ensayo "Logic of Discovery or Psychology of Research", en *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos y A. Musgrave, compiladores (Cambridge: Cambridge University Press, 1970). Ese libro, que incluye también una extensa "Response to Critics", constituye el cuarto volumen de los documentos del International Colloquium in the Philosophy of Science, celebrado en el Bedford College, de Londres, en julio de 1965. Se ha preparado, para la traducción al japonés, un análisis más breve pero también más equilibrado de las reacciones críticas a la *Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press, 1962). Se ha empezado a incluir una versión, en inglés, de ese análisis en las posteriores ediciones realizadas en Estados Unidos. Partes de estos escritos empiezan en donde éste termina y esclarecen entonces las relaciones de las ideas desarrolladas aquí con nociones como las de inconmensurabilidad y revoluciones.

<sup>2</sup> El análisis más reflexivo y de todo punto más negativo de este problema es el de Dudley Shapere, "The Structure of Scientific Revolutions", *Philosophical Review*, 73 (1964): 383-394.

valía la pena realizar un escrutinio sistemático, preparó un índice analítico parcial y encontró por lo menos veintidós usos diferentes, que van desde "una realización científica concreta" (p. 11) hasta "conjunto característico de creencias e ideas preconcebidas" (p. 17), incluidos en este último compromisos instrumentales, teóricos y metafísicos (pp. 39-42).<sup>3</sup> Si bien ni el compilador del índice ni yo pensamos que la situación sea tan desesperada como lo sugieren esas divergencias, es obvio que hace falta aclarar las cosas. No bastará desde luego con una mera aclaración. Independientemente de su número, los usos de "paradigma", en el libro, se dividen en dos conjuntos que requieren tanto de nombres como de análisis separados. Nuestro sentido de "paradigma" es global, y abarca todos los compromisos compartidos de un grupo científico; el otro aísla una clase de compromiso, especialmente importante, y es, por consiguiente, un subconjunto del primer sentido. En los párrafos que siguen trataré de desenredarlos y luego de examinar las necesidades más urgentes que exigen atención filosófica. Por imperfectamente que haya entendido los paradigmas cuando escribí el libro, sigo pensando que vale la pena estudiarlos con detenimiento.

En el libro, el término "paradigma" se halla en estrecha proximidad, tanto física como lógica, de la frase "comunidad científica" (pp. 10-11). Un paradigma es lo que los miembros de una comunidad científica, y sólo ellos, comparten. A la inversa, es su posesión de un paradigma común lo que constituye una comunidad científica, formada a su vez por hombres diferentes en todos los demás aspectos. Como generalizaciones empíricas, ambos enunciados son defendibles. Pero en el libro funcionan, por lo menos en parte, como definiciones, y el resultado es una circularidad con algunas consecuencias viciosas.<sup>4</sup> Para dar una explicación clara del término "paradigma", debe comenzarse por reconocer que las comunidades científicas tienen existencia independiente.

<sup>3</sup> Margaret Masterman, "The Nature of a Paradigm", en *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos, y A. Musgrave, compiladores. Las referencias de páginas entre paréntesis, en el texto, conciernen a mi *Structure of Scientific Revolutions* [ed. cit.].

<sup>4</sup> La más dañina de estas consecuencias es la que resulta del uso que hago del término "paradigma" para distinguir un periodo previo de otro posterior en el desarrollo de una ciencia determinada. Durante lo que llamé el "periodo de preparadigma" —en *La estructura de las revoluciones científicas*—, los profesionales de una ciencia están divididos en varias escuelas rivales, cada una de las cuales proclama su capacidad para el mismo asunto, pero cada una de ellas también enfocándolo de manera diferente. A esta

La identificación y el estudio de las comunidades científicas ha surgido recientemente como tema de investigación importante entre los sociólogos. Los resultados preliminares, muchos de ellos no publicados todavía, indican que las técnicas empíricas que hacen falta son no triviales, pero algunas ya existen y otras es seguro que serán inventadas.<sup>5</sup> La mayoría de los científicos profesionales responden de inmediato a preguntas acerca de sus afiliaciones a una comunidad, dando por descontado que la responsabilidad de las diversas especialidades y técnicas de investigación actuales se distribuye entre grupos de una membresía más o menos determinada. Supondré, por tanto, que están por llegar medios más sistemáticos para identificar dichas comunidades y, por el momento, me contento con una breve articulación de una noción intuitiva de comunidad, compartida ampliamente por científicos, sociólogos y varios historiadores de la ciencia-

Una comunidad científica se compone, desde este punto de vista, de los profesionales de una especialidad científica. Unidos por elementos comunes y por educación y noviciado, se ven a sí mismos, y los demás así los ven, como los responsables de la lucha por la consecución de un conjunto de objetivos compartidos, entre los que figura la formación de sus sucesores. Tales comunidades se caracterizan por la comunicación, casi completa dentro del grupo, y por la unanimidad relativa del juicio grupal en asuntos profesionales. En grado notable, los miembros de una comunidad dada habrán absorbido la misma literatura y etapa de desarrollo sigue una transición, relativamente rápida, de ordinario como secuela de un avance científico notable, hacia un periodo llamado posparadigma, caracterizado por la desaparición de todas o casi todas las escuelas, cambio que les permite a los miembros de la comunidad científica una conducta de gran eficacia profesional. Sigo pensando que esta pauta es tan característica como importante, pero puede analizarse sin referencia a la primera realización de un paradigma. Independientemente de lo que sean los paradigmas, son patrimonio de la comunidad científica, incluidas las escuelas del llamado periodo preparadigma. Mi falla en ver claramente ese punto ha contribuido a hacer que el paradigma parezca una entidad cuasimítica, o propiedad que, como el carisma, transforma a todos a los que infecta. Hay una transformación, sí; pero ésta no es inducida por la adquisición del paradigma.

<sup>5</sup> W. O. Hagstrom, *The Scientific Community* (Nueva York: Basic Books, 1965), caps. 4 y 5; D. J. Price y D. de B. Beaver, "Collaboration in an Invisible College", *American Psychologist*, 21 (1966): 1011-1018; Diana Crane, "Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the 'Invisible College' Hypothesis", *American Sociological Review*, 3i (1969): 335-352; N. C. Mullins, "Social Networks among Biological Scientists" (tesis doctoral, Harvard University, 1966), y "The Development of a Scientific Specialty", *Minerva*, 10 (1972): 51-82.

traído lecciones semejantes de ella.<sup>6</sup> Como la atención de comunidades diferentes se enfoca en asuntos diferentes, la comunicación profesional entre grupos es bastante difícil, a menudo da lugar a malentendidos, y si persiste origina desacuerdos importantes.

En ese sentido, las comunidades existen en numerosos niveles. Quizá todos los científicos naturales formen una comunidad. (Creo que no debíamos permitir que los nubarrones que rodean a C. P. Snow oscurezcan esos puntos acerca de los cuales él ha dicho lo obvio.) En un nivel levemente inferior, los principales grupos de científicos profesionales dan lugar a ejemplos de comunidades: los físicos, los químicos, los astrónomos, los zoólogos, etc. Respecto de estas comunidades principales, es fácil establecer la pertenencia a un grupo dado, salvo en las fronteras. Respecto del grado más alto, son más que suficientes la pertenencia a sociedades profesionales y las publicaciones leídas. Con técnicas similares, se podría aislar a los subgrupos principales: los químicos orgánicos y quizá los químicos de las proteínas entre ellos, los físicos del estado sólido y de las altas energías, los radioastrónomos, y así sucesivamente. Las dificultades surgen en el nivel inmediatamente inferior. ¿Cómo podría aislarse antes de su aclamación pública el grupo dedicado a los bacteriófagos? Para esto, debe recurrirse a institutos de verano y conferencias especiales, a listas de distribución de sobretiros y, principalmente, a redes de comunicación formales e informales, incluidos los vínculos entre citas.<sup>7</sup> Creo que el trabajo puede hacerse y se hará, y que sus resultados característicos consistirán en comunidades de quizá cien miembros, y a veces significativamente menos. Los científicos, como individuos y particularmente los mejores, pertenecerán a varios de tales grupos, ya sea simultánea o sucesivamente. Aunque no está claro todavía hasta dónde podrá llevarnos el análisis empírico, hay buenas razones para

<sup>6</sup> Para el historiador, de ordinario no poseedor de las técnicas de entrevista y cuestionario, los materiales de fuentes compartidas suelen ser los más reveladores de indicios importantes sobre la estructura de la comunidad. Ésa es una de las razones de que obras tan leídas, como los *Principia* de Newton, sean llamadas tan frecuentemente paradigmas en *La estructura de las revoluciones científicas*. Debiera describirlas ahora como fuentes, de particular importancia, dé los elementos de la matriz disciplinaria de una comunidad.

<sup>7</sup> E. Garfield, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science* (Filadelfia: Institute for Scientific Information, 1964); M. M. Kessler, "Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing", *American Documentation*, 16 (1965): 223-233; D. J. Price, "Networks of Scientific Papera", *Science*, 149 (1965): 510-515.

suponer que la empresa científica está distribuida entre comunidades de esta índole, las cuales tienen también la tarea de llevarla adelante.

Permítaseme suponer ahora que, mediante las técnicas que sean, identificamos una de tales comunidades. ¿Qué elementos compartidos explican el carácter de la comunicación profesional, relativamente carente de problemas, y la unanimidad también relativa del juicio profesional? A esta pregunta, *La estructura de las revoluciones científicas* contesta: "un paradigma" o "un conjunto de paradigmas". Éste es uno de los dos sentidos principales que el término tiene en el libro. Para éste, podría adoptar ahora la notación "paradigma-i", pero se producirá menos confusión denotándolo con la frase "Matriz disciplinaria" —"disciplinaria" porque es la posesión común de los profesionales de una disciplina y "matriz" porque se compone de elementos ordenados de diversas maneras, cada una de las cuales hay que especificar—. Los componentes de la matriz disciplinaria incluyen la mayoría, o todos los objetos, del compromiso de grupo descrito en el libro como paradigmas, partes de paradigmas o paradigmático.<sup>8</sup> No me propongo hacer aquí una lista exhaustiva, por lo que sólo identificaré tres de éstos que, siendo esenciales para la operación cognoscitiva del grupo, deben interesar particularmente a los filósofos de la ciencia. Permítaseme llamarlos generalizaciones simbólicas, modelos y ejemplares.

Los primeros dos son objetos ya familiares de la atención filosófica. Las generalizaciones simbólicas, en especial, son aquellas expresiones, empleadas sin cuestionamiento por el grupo, que pueden verse fácilmente en alguna forma lógica como  $(x) (y) (z) \langle f \rangle (x, y, z)$ . Son los componentes formales, o fáciles de formalizar, de la matriz disciplinaria. Los modelos, de los cuales ya no tengo más que decir en este artículo, proveen al grupo de analogías preferentes o, cuando se sostienen profundamente, de una ontología. Por una parte, son heurísticos: el circuito eléctrico puede considerarse, provechosamente, como un sistema hidrodinámico en estado estable, o el comportamiento de un gas, como el de una colección de microscópicas bolas de billar en movimiento aleatorio. Por otra parte, son los objetos del compromiso metafísico: el calor de un cuerpo es la energía cinética de sus partículas componentes, o, más obviamente metafísico, todos los fenómenos perceptibles se deben al movimiento y a la interacción de átomos

\* Véase *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 38-42.

cualitativamente neutrales, en el vacío.<sup>9</sup> Por último, los ejemplares son soluciones de problemas concretos aceptadas por el grupo como paradigmáticas en el sentido usual del término. Muchos de ustedes estarán suponiendo ya que el término "ejemplar" es el nombre para denotar el segundo, y "más" fundamental, sentido de "paradigma".

Pienso que para entender la forma en que funciona una comunidad científica, como productora y validadora de conocimiento sólido, debemos entender en última instancia la operación de por lo menos tres de estos componentes de la matriz disciplinaria. Las alteraciones de cualquiera de ellos pueden producir cambios en la conducta científica, que afecten tanto al lugar de un grupo de investigación como a sus normas de verificación. No trataré de defender aquí una tesis tan general. Me concentraré por el momento en los ejemplares. Para poder ocuparme de ellos, sin embargo, debo decir algo antes sobre las generalizaciones simbólicas.

En las ciencias, particularmente en la física, las generalizaciones suelen encontrarse ya en forma simbólica:  $F = ma$ ,  $I = VIR$  o  $V^2 = iR$  +  $\frac{8}{9} \frac{ir^2}{m} (E-V)_{ij} \delta_{08} \wedge z_m (E-V)_{ij} / h^2 = 0$ . Otras se expresan en palabras: "La acción es igual a la reacción", "La composición química está en proporciones fijas por peso", o "Todas las células provienen de células". Nadie negará que los miembros de una comunidad científica emplean por costumbre expresiones como éstas en su trabajo, que lo hacen así ordinariamente sin necesidad de justificación especial y que raras veces son atacados en tales puntos por los demás miembros de su grupo. Esa conducta es importante, pues sin un compromiso compartido respecto de un conjunto de generalizaciones simbólicas, la lógica y las matemáticas no se aplicarían rutinariamente en el trabajo de la comunidad. El ejemplo de la taxonomía sugiere que una ciencia pueda existir con pocas de tales generalizaciones, y tal vez con ninguna. Más adelante indicaré cómo podría ser éste el caso. Pero no veo razón para poner en duda la impresión generalizada de que el poder de una ciencia aumenta con el número de generalizaciones simbólicas de que disponen sus practicantes.

<sup>9</sup> No es usual incluir, digamos, átomos, campos o fuerzas que actúan a distancia bajo el rubro de modelos, pero ahora no veo nada perjudicial en ese uso tan extendido. Obviamente, el grado de compromiso de una comunidad varía al pasar de modelos heurísticos a modelos metafísicos, pero parece mantenerse igual la naturaleza de las funciones cognitivas de los modelos.

Nótese, sin embargo, la pequeña medida de concordancia que le hemos atribuido a los miembros de nuestra comunidad. Cuando digo que comparto un compromiso respecto de, digamos, la generalización simbólica —  $ma$ , quiero decir que no le acarrea dificultades a quien escribe en sucesión los cuatro símbolos  $/$ ,  $=$ ,  $m$  y  $a$ : a quien manipule la expresión resultante por medio de la lógica y las matemáticas, y a quien muestre un resultado todavía simbólico. En este punto de la discusión, para nosotros, aunque no para los científicos que los emplean, estos símbolos y las expresiones formadas al combinarlos no están interpretados, están desprovistos todavía de significados empíricos o de aplicación. Un compromiso compartido respecto de un conjunto de generalizaciones justifica la manipulación lógica y la matemática e induce, un compromiso con respecto al resultado. No necesita implicar concordancia, sin embargo, sobre la manera como los símbolos, uno por uno y colectivamente, van a ser correlacionados con los resultados del experimento y de la observación. Hasta aquí, las generalizaciones simbólicas compartidas funcionan todavía como expresiones que se dan dentro de un sistema matemático puro.

La analogía entre teoría científica y sistema matemático puro ha sido explotada ampliamente por la filosofía de la ciencia de nuestro siglo, y gracias a ello disponemos de algunos resultados que son de lo más interesante. Pero es tan sólo una analogía y, por tanto, puede crear confusión. Creo que en varios aspectos hemos sido víctimas de ella. Veamos una confusión que viene al caso aquí.

Cuando una expresión como  $F = ma$  aparece en un sistema matemático puro, por así decirlo, está allí de una vez y para siempre. Es decir, si entra en la solución de un problema matemático planteado dentro del sistema, entra siempre en la forma  $F = ma$  o bien en una forma reducible a ésta por la sustitutividad de identidades" o por alguna otra regla de sustitución sintáctica. En las ciencias, las generalizaciones simbólicas se comportan ordinariamente de modo muy distinto. No hay tanto generalizaciones como esquemas de generalización, formas esquemáticas cuya expresión simbólica detallada varía de una aplicación a otra. Para el problema de la caída libre,  $F = ma$  se convierte en  $mg = m \frac{d^2 s}{dt^2}$ . Para el péndulo simple, se convierte en  $mg \sin \theta = -m \frac{d^2 s}{dt^2}$ . Para los osciladores armónicos acoplados, se convierte en dos ecuaciones, la primera de las cuales puede escribirse  $m \frac{d^2 H}{dt^2} + k_1 x = k_2 (d + \frac{1}{2} - \frac{1}{2})$ . Los problemas más interesantes de la mecánica, por ejemplo, el movimiento de un giroscopio, mostrarán mayor disparidad aún entre  $F = ma$  y la generalización simbólica real a la cual se

aplican la lógica y las matemáticas; pero ya debe estar aclarado el punto. Aunque las expresiones simbólicas no interpretadas son la posesión común de los miembros de una comunidad científica, y aunque tales expresiones son las que le dan al grupo un punto de entrada para la lógica y las matemáticas, estos instrumentos no se aplican a la generalización compartida sino a una u otra versión especial de ella. En cierto sentido, cada una de tales clases requiere de un formalismo nuevo.<sup>10</sup>

De aquí se extrae una interesante conclusión, que probablemente viene al caso de la situación de los términos teóricos. Los filósofos que presentan las teorías científicas como sistemas formales no interpretados subrayan frecuentemente que la referencia empírica entra en tales teorías de abajo hacia arriba, moviéndose de un vocabulario básico, con significado empírico, hasta los términos teóricos. A pesar de las dificultades, bien conocidas, que encierra la noción de vocabulario básico, no pongo en duda la importancia de esa ruta en la transformación de un símbolo no interpretado en el signo de un concepto físico en particular. Pero ésa no es la única ruta. En la ciencia, los formalismos se relacionan con la naturaleza también "arriba", sin que medie deducción alguna para eliminar los términos teóricos. Antes de que el científico pueda empezar las operaciones lógicas y matemáticas que culminan con la predicción de lecturas de medidas, debe inscribir la forma particular de  $H = ma$  que se aplica, digamos, a la cuerda que vibra o la forma particular de la ecuación de Schroedinger correspondiente, por ejemplo, al átomo de helio en un campo magnético. Cualquiera que sea el procedimiento que siga, éste no podrá ser puramente sintáctico. El contenido empírico debe ingresar en las teorías formalizadas desde arriba y también desde abajo.

Creo que no puede uno evadir esta conclusión sugiriendo que la ecuación de Schroedinger o  $H = ma$  puede construirse como una abreviatura para la conjunción de las numerosas y particulares formas

<sup>10</sup> No puede evadirse esta dificultad enunciando las leyes de la mecánica newtoniana en forma, digamos, lagrangiana o hamiltoniana. Por lo contrario, las segundas formulaciones son explícitamente bosquejos de leyes, pero no leyes propiamente dichas, como tampoco lo es la formulación newtoniana de la mecánica. Partiendo de las ecuaciones de Hamilton o de las de Lagrange, hay que escribir todavía una ecuación hamiltoniana o lagrangiana para el problema de que se trate. Nótese, sin embargo, que una de las ventajas de estas formulaciones es que hacen mucho más fácil identificar el formalismo particular que convenga a un problema dado. Contrastadas con la formulación de Newton, ilustran una de las direcciones características que sigue el desarrollo científico.

simbólicas que estas expresiones adoptan para ser aplicadas a problemas físicos concretos. En primer lugar, los científicos seguirían necesitando criterios que les informasen qué versión simbólica en particular debe aplicarse a tal o cual problema. Y estos criterios, como las reglas de correlación, de las que se dice que transportan el significado de un vocabulario básico a términos teóricos, serían el vehículo del contenido empírico. Además, ninguna conjunción de formas simbólicas particulares agotaría lo que puede decirse que saben los miembros de una comunidad científica acerca de la manera de aplicar generalizaciones simbólicas. Al enfrentarse a un acertijo nuevo, ordinariamente concuerdan sobre la expresión simbólica particular apropiada a él, aunque ninguno de ellos la haya visto antes.

Toda explicación del aparato cognoscitivo de una comunidad científica debe decirnos algo sobre la manera como los miembros del grupo, antes de las pruebas empíricas *directamente* pertinentes al caso, identifican el formalismo especial que se adecúa a un problema en particular, especialmente a un problema nuevo. Ésa es claramente una de las funciones que debe desempeñar el conocimiento científico. Desde luego, no siempre lo hace tan correctamente; hay lugar, mejor dicho, necesidad, de comprobar empíricamente un formalismo especial propuesto por un problema nuevo. Los pasos deductivos y la comparación de sus productos finales con el experimento siguen siendo condiciones esenciales de la ciencia. Pero, regularmente, los formalismos especiales son aceptados como plausibles o rechazados como implausibles desde antes del experimento. Con frecuencia notable, además, los juicios de la comunidad resultan ser correctos. Por eso es que idear un formalismo especial, una versión nueva de la formalización, no es lo mismo que inventar una teoría nueva. Entre otras cosas, lo primero puede enseñarse, pero no lo segundo. A eso se debe que los problemas que se presentan al final de los capítulos de los textos científicos estén dedicados a esa enseñanza. ¿Qué es lo que aprenden los estudiantes al resolverlos?

A responder esta pregunta está dedicada casi toda la parte restante de este artículo, pero la trataré indirectamente, haciendo primero otra pregunta más usual: ¿cómo relacionan los científicos las expresiones simbólicas con la naturaleza? Aquí hay, en realidad, dos preguntas fundadas en una sola, pues puede inquirirse sobre una generalización simbólica especial, concebida para una situación experimental dada, o

sobre una consecuencia simbólica singular de esa generalización, deducida por comparación con el experimento. Pero, para lo que aquí nos ocupa, podemos tratar estas dos preguntas como una sola, tal y como ocurre ordinariamente en la práctica científica.

Desde que se abandonó la esperanza de tener un lenguaje de datos sensoriales, la respuesta se ha dado en términos de reglas de correspondencia. Se han tomado éstas como definiciones operacionales de términos científicos, o como un conjunto de condiciones necesarias y suficientes para la aplicabilidad de los términos.<sup>11</sup> No dudo de que el examen de una comunidad científica dada revelaría varias de tales reglas, que serían compartidas por sus miembros; probablemente otras podrían ser inducidas legítimamente de una observación cuidadosa de la conducta de dichos miembros. Pero, por razones que ya di en otra parte y que apuntaré más adelante, no cuestiono que las reglas de correspondencia de esta manera serían suficientes, en número o en fuerza, para explicar las correlaciones reales entre formalismo y experimento, que son hechas, regularmente y sin problemas, por los miembros

<sup>11</sup> Desde que se leyó este escrito, me he dado cuenta de que, al omitir las dos cuestiones mencionadas en el párrafo anterior, se introduce una posible fuente de confusión en este punto y más adelante. En el uso filosófico normal, las reglas de correspondencia conectan palabras sólo con otras palabras; no con la naturaleza. Así, los términos teóricos adquieren significado mediante las reglas de correspondencia, que las vinculan con un vocabulario básico ya significativo. Sólo este último es el que se relaciona directamente con la naturaleza. Parte de mi argumento se dirige a esta concepción normal y, por tanto, no debiera crear problemas. La distinción entre vocabulario teórico y vocabulario básico no viene al caso en su forma presente, pues se puede demostrar que muchos términos teóricos se vinculan con la naturaleza de la misma manera, cualquiera que ésta sea, que los términos básicos. Pero estoy preocupado además por investigar de qué manera opera esa "vinculación directa", sea de un vocabulario teórico o de un vocabulario básico. Mientras tanto, ataco la suposición, a menudo implícita, de que cualquiera que sepa usar correctamente un término básico tiene acceso, consciente o inconsciente, a un conjunto de criterios que definen ese término o dan las condiciones necesarias y suficientes para regir su aplicación. Por ese modo de vinculación por criterios, estoy empleando aquí el término de "regla de correspondencia", que viola el uso normal. Mi excusa por extenderme demasiado consiste en mi creencia de que la confianza explícita en las reglas de correspondencia y la confianza implícita en los criterios introduce el mismo procedimiento y desvía la atención de las mismas maneras. Con ambas, el empleo del lenguaje parece ser, más de lo que ya es, materia de convención. En consecuencia, ocultan la medida en que el hombre que adquiere un lenguaje cotidiano o científico aprende simultáneamente cosas acerca de la naturaleza, las cuales no están incorporadas en las generalizaciones verbales.

del grupo.<sup>12</sup> Si el filósofo desea un cuerpo adecuado de reglas de correspondencia, él mismo tendrá que dar la mayoría de ellas.<sup>13</sup>

Es casi seguro que el filósofo pueda hacer este trabajo. Examinando muestras de la práctica pasada de la comunidad, el filósofo, para explicarlas, puede contar con la posibilidad razonable de construir un conjunto de reglas de correspondencia adecuadas, aunado a generalizaciones simbólicas conocidas. Muy probablemente, podrá construir varios conjuntos opcionales. Deberá ser, sin embargo, extraordinariamente precavido al describir cualquiera de ellas como una reconstrucción de las reglas mantenidas por la comunidad en estudio. Aunque cada uno de sus conjuntos de reglas sería equivalente con respecto a la práctica pasada de la comunidad, no tiene por qué serlo también al aplicarlo al siguiente problema que aparezca dentro de ese campo. En ese sentido, serían reconstrucciones de teorías algo diferentes, ninguna de las cuales tendría que ser, forzosamente, la sostenida por el grupo. Comportándose como científico, bien podría el filósofo mejorar la teoría del grupo, pero, como filósofo, a la mejor no podría analizarla.

Supóngase, por ejemplo, que el filósofo está interesado por la ley de Ohm,  $I = V/R$ , y que sabe que los miembros del grupo en estudio miden el voltaje con un electrómetro y la corriente con un galvanómetro. Al buscar una regla de correspondencia para la resistencia,

<sup>12</sup> Véase *Structure of Scientific Revolutions*, pp. 43-51.

<sup>13</sup> Creo que es notable la poca atención que los filósofos de la ciencia le prestan al vínculo lenguaje-naturaleza. Seguramente, la fuerza epistemológica de la actividad de los formalistas depende de la posibilidad de librarla de problemas. Sospecho que una de las razones de tal negligencia consiste en el no percatarse de cuánto se ha perdido, desde el punto de vista epistemológico, en la transición de un lenguaje del dato sensorial a un vocabulario básico. Mientras el primero pareció ser viable, las definiciones y las reglas de correspondencia no reclamaron atención especial. "Mancha verde ahí", apenas si requería de mayor especificación operacional; "La bencina hierve a 80°C" es, sin embargo, una clase de enunciado muy diferente. Además, como indicaré más adelante, han fundido, frecuentemente, la tarea de *mejorar* la claridad y la estructura de los elementos formales de una teoría científica con el trabajo, muy diferente, de *analizar* el conocimiento científico, y sólo en esta última tarea es en donde se originan los problemas que estamos tratando. Hamilton hizo una formulación de la mecánica newtoniana mejor que la de Newton, y el filósofo puede tener la esperanza de mejorarla más todavía con una mayor formalización. Pero éste no podrá dar por hecho que saldrá con la misma teoría con la que empezó, ni que los elementos formales de una u otra versión de la teoría serán coextensivos con la propia teoría. Sobre un ejemplo característico de la suposición de que un formalismo perfeccionado es *ipso facto* una descripción del conocimiento desplegado por la comunidad que emplea el formalismo por mejorarse, véase Patrick

puede decidirse por el cociente del voltaje entre la corriente, caso en el cual la ley de Ohm se convierte en una tautología. O, en lugar de ello, puede decidirse por correlacionar el valor de la resistencia con los resultados de mediciones hechas con el puente de Wheatstone, caso en el que la ley de Ohm da información sobre la naturaleza. Con respecto a la práctica pasada, quizá las dos reconstrucciones sean equivalentes, pero éstas no prescriben que la conducta futura vaya a ser la misma. Imagínese, en particular, que un fanático del experimento, miembro de la comunidad, aplica voltajes mayores de los que nunca antes se han aplicado, y descubre que la razón del voltaje a la corriente cambia gradualmente con el voltaje muy elevado. De acuerdo con la segunda reconstrucción, la del puente de Wheatstone, ha descubierto que hay desviaciones de la ley de Ohm en los voltajes elevados. En la primera reconstrucción, sin embargo, es una tautología, y las desviaciones de ella son inimaginables. El experimentalista ha descubierto no una desviación con respecto a la ley sino más bien que la resistencia cambia con el voltaje. Cada una de las reconstrucciones lleva a una localización diferente de la dificultad y a una pauta diferente de investigación posterior.<sup>14</sup>

No hay nada en la discusión anterior que demuestre que no hay un conjunto de reglas de correspondencia adecuadas para explicar el

Suppes, "The Desirability of Formalization in Science", *Journal of Philosophy*, 65 (1968): 651-664.

<sup>14</sup> Un ejemplo menos artificial] exigiría la manipulación simultánea de varias generalizaciones simbólicas y demandaría más espacio del que se dispone. Pero no son difíciles de encontrar los ejemplos históricos que muestran los efectos diferentes de las generalizaciones tenidas por leyes y definiciones (véase la discusión de Dalton y la controversia Proust-Berthollet en la *Stratigraphy of Science*, Jero/ii/ionj, pp. 129-134); tampoco el ejemplo presente carece de fundamento histórico. Ohm midió la resistencia dividiendo la corriente entre el voltaje (tensión). Su ley dio así parte de una definición de resistencia. Una de las razones de que haya sido tan difícil de aceptar (la omisión de Ohm es uno de los ejemplos más famosos de resistencia a la innovación que contiene la historia de la ciencia) consiste en que era incompatible con el concepto de resistencia que se aceptaba antes del trabajo de Ohm. Precisamente porque exigía redefinir los conceptos relativos a la electricidad, la asimilación de la ley de Ohm produjo una revolución en la teoría sobre la electricidad. (Para partes de esta historia, véase T. M. Brown, "The Electric Current in Early Nineteenth-Century Electricity", *Historical Studies in the Physical Sciences*, 1 (1969): 61-103, y M. L. Schagrin, "Resistance to Ohm's Law", *American Journal of Physics*, 31 (1963): 536-547). Sospecho que, en términos generales, las revoluciones científicas pueden distinguirse de los avances científicos normales en que las primeras requieren la modificación de las generalizaciones anteriormente consideradas cuasiana-líticas. ¿Descubrió Einstein la relatividad de la simultaneidad o destruyó una implicación tautológica de ese término?

comportamiento de la comunidad en estudio. Es muy difícil demostrar una negativa de esa índole. Pero la discusión puede llevarnos a tomar un poquito más en serio algunos aspectos de la formación y la conducta científicas, aspectos que los filósofos se las han arreglado para mirar transparentemente. En los libros de texto o en la enseñanza de la ciencia, se encuentran muy pocas reglas de correspondencia. ¿Cómo han adquirido los miembros de una comunidad científica un conjunto suficiente? Es digno de observarse que cuando un filósofo les pide tales reglas por lo regular los científicos niegan que eso tenga importancia, y de ahí en adelante queda muchas veces obstaculizada la comunicación. Cuando cooperan, las reglas que presentan pueden variar de un miembro de la comunidad a otro, y todas pueden ser defectuosas. Se comienza uno a preguntar si se emplean más de unas cuantas reglas en la práctica de la comunidad, si no hay alguna otra forma en que los científicos correlacionen sus expresiones simbólicas con la naturaleza.

Un fenómeno familiar tanto para los estudiantes de ciencias como para los historiadores puede darnos un indicio. Habiendo sido ambas cosas, hablaré de mi propia experiencia. Los estudiantes de física informan regularmente que han leído todo un capítulo de su libro, que lo han entendido perfectamente, pero que, a pesar de ello, tienen dificultades para resolver los problemas que se les presentan al final del capítulo. Casi invariablemente, su dificultad estriba en establecer las ecuaciones adecuadas, en relacionar las palabras y los ejemplos dados en el texto con los problemas que se les pide que resuelvan. También, ordinariamente, esas dificultades se desvanecen de la misma manera. El estudiante descubre una manera de ver su problema igual a otro que ya resolvió. Una vez vista esa igualdad o analogía, sólo quedan por delante dificultades de operación.

La misma pauta se muestra claramente en la historia de la ciencia. El científico modela la solución a un problema basándose en otro, a menudo recurriendo mínimamente a generalizaciones simbólicas. Galileo descubrió que una bola que rueda hacia abajo de un plano inclinado adquiere exactamente la velocidad necesaria para volver a la misma altura vertical sobre otro plano inclinado de cualquier pendiente, y aprendió a ver esa situación experimental como el péndulo con una masa puntual en calidad de peso. Huyghens resolvió luego el problema del centro de oscilación de un péndulo físico, imaginando que el cuerpo extenso de este último se componía de péndulos puntuales galileanos, cuyos vínculos se liberaban instantáneamente en cual-



quier punto de la oscilación. Liberados los vínculos, cada uno de los péndulos puntuales oscilaba libremente, pero su centro de gravedad común, como en el péndulo de Galileo, se elevarían únicamente hasta la altura de la cual había comenzado a caer el centro de gravedad del péndulo extenso. Por último, Daniel Bernoulli, todavía sin ayuda de las leyes de Newton, descubrió la manera de hacer que el flujo de agua que salía por un orificio practicado en un tanque se asemejase al péndulo de Huyghens. Determínese el descenso del centro de gravedad del agua que hay en el tanque y en el chorro durante un intervalo de tiempo infinitesimal. En seguida, imagínese que cada partícula de agua se mueve separadamente hacia arriba, hasta alcanzarla máxima altura obtenible con la velocidad que poseía al final del intervalo de descenso. El ascenso del centro de gravedad de las partículas separadas debe igualarse entonces al descenso del centro de gravedad del agua del tanque y del chorro. Partiendo del problema así planteado, se encontró la tan buscada velocidad del flujo.<sup>15</sup>

Como me falta tiempo para poner más ejemplos, me limitaré a sugerir que una capacidad aprendida de ver semejanzas entre problemas al parecer ajenos desempeña en las ciencias una parte importante del papel que suele atribuírsele a las reglas de correspondencia. En cuanto un problema nuevo se ve análogo a otro problema ya resuelto, sigue tanto un formalismo adecuado como una manera nueva de ligar sus consecuencias simbólicas con la naturaleza. Habiendo visto la semejanza, simplemente se usan las relaciones que han demostrado ser eficaces en casos anteriores. Creo que esa capacidad para reconocer las semejanzas "autorizadas" por el grupo es lo principal que adquieren los estudiantes al resolver problemas, ya sea con lápiz y papel o bien en un laboratorio bien equipado. En el curso de su formación, se les pone un gran número de tales ejercicios, y los estudiantes que ingresan en la misma especialidad por lo regular hacen casi los mismos, por ejemplo, el plano inclinado, el péndulo cónico, las elipses de Kepler, etc. Estos problemas concretos, con sus

<sup>15</sup> Sobre el ejemplo, véase Rene Dugas, *A History of Mechanics*, trad. al inglés de J. R. Maddox (Neuchâtel: Editions du Griffon y Nueva York: Central Book Co., 1955), pp. 135-136, 186-193 y Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica, sive de viribus et nwtibus fluidorum, commentarii opus academicum* (Estrasburgo: J. R. Dulseckeri, 1738), sec. 3. Sobre el grado en que progresó la mecánica durante la primera mitad del siglo XVIII, moldeando soluciones a problemas con base en otras, véase Clifford Truesdell, "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*", *Texas Quarterly*, 10 (1967): 238-258.

soluciones, son lo que llamé antes "ejemplares": los ejemplos estándar de una comunidad. Constituyen la tercera clase de componente cognoscitivo de la matriz disciplinaria e ilustran la segunda función principal de mi término "paradigma" en *La estructura de las revoluciones científicas*.<sup>16</sup>

Adquirir todo un arsenal de ejemplares, igual que aprender generalizaciones simbólicas, son partes integrales del proceso por el que el estudiante logra llegar a las realizaciones cognoscitivas de su grupo disciplinario.<sup>17</sup> Sin ejemplares, nunca aprendería mucho de lo que el grupo sabe sobre conceptos fundamentales como los de fuerza y campo, elemento y compuesto, o núcleo y célula. Por medio de un ejemplo simple, trataré de explicar someramente la noción de la relación de similitud aprendida, una percepción adquirida de analogía. Pero, primero, permítaseme aclarar el problema al que está destinada la explicación. Es axiomático que cualquier cosa es igual y también diferente a cualquier otra. Acostumbramos decir que esto depende de los criterios empleados para juzgar. A quien habla de similitud o de analogía podemos plantearle, pues, la pregunta: ¿similar con respecto a qué? En este caso, sin embargo, ésta es precisamente la pregunta que no debe hacerse, pues la respuesta nosMaría de inmediato reglas de correspondencia. Aprender ejemplares no le enseñaría al estudiante ninguna otra cosa más que lo mismo que tales reglas, en forma de criterios de semejanza, le enseñan de otra manera. Resolver problemas consistiría entonces en la mera práctica de aplicación de reglas, y no habría necesidad de hablar de similitud.

Resolver problemas, sin embargo, como ya lo demostré, no es eso. Es una tarea que se asemeja más a ese tipo de acertijo infantil en que se

<sup>16</sup> Fue, desde luego, el sentido de "paradigma" como ejemplo normal lo que, en un principio, me hizo decidirme por tal término. Por desgracia, la mayoría de los lectores de *La estructura de las revoluciones científicas* no se dieron cuenta de lo que para mí era la función primordial, y emplean "paradigma" en sentido aproximado al que ahora prefiero llamar "matriz disciplinaria". Veo poco probable recuperar "paradigma" para su uso original, el único propio desde el punto de vista filosófico.

<sup>17</sup> Nótese que los ejemplares —y también los modelos— son determinantes de la infraestructura de la comunidad, mucho más eficaces que las generalizaciones simbólicas. Muchas comunidades científicas comparten, por ejemplo, la ecuación de Schrodinger, y sus miembros se encuentran con esa fórmula en época consecuentemente temprana de su educación científica. Pero, a medida que continúa su formación, hacia, digamos, la física del estado sólido, por una parte, y la teoría del campo por la otra, comienzan a diferir los ejemplares que se encuentra el científico en ciernes. De ahí en adelante, sólo puede decirse que comparten la ecuación de Schrodinger no interpretada, pero no la sí interpretada.

le pide a uno que encuentre las figuras de animales o las caras ocultas dentro de un dibujo de arbustos o nubes. El niño busca formas que son como las de los animales o las caras que conoce. En cuanto las encuentra, éstas ya no vuelven a confundirse con el fondo, pues se ha modificado la forma en que el niño ve el dibujo. De la misma manera, el estudiante de ciencias que se enfrenta a un problema trata de verlo como uno o más de los problemas ejemplares con los que ya se ha encontrado. Desde luego, cuando existen reglas para guiarlo, las emplea. Pero su criterio básico es una percepción de similitud que es previa tanto lógica como psicológicamente a cualquiera de los numerosos criterios conforme a los cuales habría hecho esa misma identificación de la similitud. Después de captada la similitud, puede uno inquirir sobre los criterios, y a menudo vale la pena hacerlo. Pero en realidad no es necesario. Puede aplicarse directamente la predisposición mental o visual adquirida al aprender a ver semejantes dos problemas. Quiero preguntar ahora si, en circunstancias adecuadas, ¿hay alguna manera de procesar datos formando conjuntos de similitud que no dependan de una respuesta previa a la pregunta de similar con respecto a ¿fué?

/

Mi argumentación comienza con una digresión sobre el término "dato". Filológicamente proviene de "lo dado". Filosóficamente, por razones arraigadas profundamente en la historia de la epistemología, aísla los mínimos elementos estables suministrados por nuestros sentidos. Aunque ya no abrigamos la esperanza de tener un lenguaje del dato sensorial, frases como "verde ahí", "triángulo aquí" o "caliente allá" siguen connotando nuestros paradigmas relativos a un dato, lo dado en la experiencia. En varios respectos, deben desempeñar este papel. No tenemos acceso a elementos de la experiencia "más" mínimos que éstos. Siempre que procesamos conscientemente datos, sea para identificar un objeto, descubrir una ley o inventar una teoría, necesariamente operamos con sensaciones de esta índole o bien con compuestos de ellas. Desde otro punto de vista, sin embargo, las sensaciones y sus elementos no son lo dado. Vistas teóricamente en lugar de en relación con la experiencia, tal término pertenece más bien a los estímulos. Aunque nuestro acceso a ellos es sólo indirecto, vía la teoría científica, son los estímulos, y no las sensaciones, los que chocan con nuestros organismos. Una gran cantidad de procesamiento neutral ocurre entre el momento en que se recibe un estímulo y el momento en que se da la respuesta que es nuestro dato.

No valdría la pena comentar nada de esto si Descartes hubiese tenido razón al establecer una correspondencia biunívoca entre los estímulos y las sensaciones. Pero nosotros sabemos que no existe nada por el estilo. La percepción de un color dado puede producirse por un número infinito de longitudes de onda combinadas de distintos modos. Por el contrario, un estímulo dado puede producir toda una variedad de sensaciones: la imagen de un pato en un recipiente, la imagen de un conejo en otro. Las respuestas como éstas no son enteramente innatas. Se puede aprender a distinguir colores o formas que no eran distinguibles antes del aprendizaje. En grado desconocido todavía, la producción de datos a partir de los estímulos es un procedimiento aprendido. Después del proceso de aprendizaje, el mismo estímulo produce un dato diferente. Concluyo que, aunque los datos son los elementos mínimos de nuestra experiencia individual, tienen que ser también respuestas compartidas a un estímulo-dado, sólo entre los miembros de una comunidad educativa, científica o lingüística relativamente homogénea.<sup>18</sup>

Vuelvo a mi argumento principal, pero ahora sin ejemplos científicos. Es inevitable que éstos resulten ser excesivamente complejos. Así, pues, en lugar de ello, les pediré que imaginen a un niño de corta edad, de paseo con su padre por el parque zoológico. El niño ya sabe reconocer aves y distinguir petirrojos. Durante este paseo, aprenderá a identificar cisnes, gansos y patos. Quienquiera que le haya enseñado a un niño en circunstancias como éstas sabe que el primer instrumento pedagógico es la ostensión, es decir, el mostrarle directamente un objeto. Frases como "Todos los cisnes son blancos" tienen un papel que desempeñar, pero no son necesarias. Por el momento, las omitiré de mis consideraciones, pues lo que me propongo es aislar, en su forma más pura, un modo diferente de aprender. Entonces, la educación de Pepe procederá de la siguiente manera. Su padre le muestra un ave, diciéndole: "Mira, Pepe, ése es un cisne." Al poco rato, el propio Pepe señala un ave y dice: "Papá, otro cisne." Pero como el niño no ha aprendido todavía lo que es un cisne debe ser

<sup>18</sup> *En La estructura de las revoluciones científicas, particularmente en el capítulo X, insisto en que los miembros de comunidades científicas diferentes viven en mundos diferentes y que las revoluciones científicas cambian el mundo en el que trabaja el científico. Quisiera decir ahora que a los miembros de comunidades diferentes se les presentan datos diferentes mediante los mismos estímulos. Nótese, sin embargo, que ese cambio no ocasiona que se vuelvan impropias frases como "un mundo diferente". El mundo dado, sea el cotidiano o el científico, no es mundo de estímulos.*

corregido por su padre: "No, Pepe, ése es un ganso". La siguiente vez que Pepe identifica un cisne lo hace correctamente, pero su siguiente "ganso" es, en realidad un pato, por lo que de nuevo es corregido. Después de unos cuantos encuentros más de este tipo, cada uno con su corrección o su reforzamiento adecuados, la capacidad de Pepe para identificar estas aves acuáticas ya es tan grande como la de su padre. La instrucción ha concluido rápidamente.

La pregunta ahora es saber qué le ha ocurrido a Pepe, y aseguro la plausibilidad de la siguiente respuesta. Durante el paseo, se ha reprogramado parte del mecanismo neural por el cual el niño procesa estímulos visuales, y se han modificado los datos que recibe de los estímulos que antes le hacían evocar "aves". Cuando empezó su paseo, el programa neural hizo destacar las diferencias entre cada uno de los cisnes y también entre éstos y los gansos. Hacia el final del paseo, se destacaban caracteres como la longitud y la curvatura del cuello de los cisnes, se habían suprimido otros, y los datos relativos a los cisnes se correspondían unos con otros, a la vez que diferían de los datos relativos a los gansos y a los patos, de una manera que no había ocurrido antes. Las aves que en un principio había visto iguales —y también diferentes— estaban agrupadas ahora en conglomerados distintos dentro del espacio perceptual.

Un proceso de esta índole es fácil de modelar en una computadora; y precisamente me encuentro en las primeras fases de un experimento así. Se introduce en la máquina un estímulo, en forma de una hilera de  $n$  dígitos ordenados. Allí se les transforma en un dato por la aplicación de una transformación preseleccionada a cada uno de los  $n$  dígitos, mientras que se aplica otra transformación a cada una de las posiciones que hay dentro de la hilera. Cada uno de los datos así obtenidos es una hilera de  $n$  números, posición en lo que llamaré un espacio cualitativo  $\llcorner$ -dimensional. En este espacio, la distancia entre dos datos, medida conforme a una métrica euclidiana o no euclidiana que sea también conveniente, representa su similitud. Qué estímulos se transformarán en similares o en datos parecidos dependerá, desde luego, de la elección de las funciones de transformación. Diferentes conjuntos de funciones producen diferentes conglomerados de datos, diferentes pautas de similitud y diferencia en el espacio perceptual. No es necesario que las funciones de transformación sean obra humana. Si se le suministran a la máquina estímulos que puedan ser agrupados en conglomerados, y se le informa qué estímulos deben ser colocados en los mismos conglomerados y cuáles en otros, entonces la

dicha máquina podrá construir por sí misma un conjunto adecuado de funciones de transformación. Nótese que ambas condiciones son esenciales. No todos los estímulos pueden ser transformados para constituir conglomerados de datos. Aun cuando si pudiera hacerse, a la máquina, como al niño, debe decirsele primero cuáles van juntos y cuáles aparte. Pepe no descubrió por sí mismo que había cisnes, gansos y patos. Su papá tuvo que enseñárselo.

Si representamos ahora el espacio perceptual de Pepe en un diagrama de dos dimensiones, el proceso por el que ha pasado se asemeja a la transición de la figura 1 a la figura 2.<sup>19</sup> En la primera, los patos, los gansos y los cisnes están mezclados. En la segunda, están agrupados en conjuntos distintos, con distancias apreciables entre ellos.<sup>20</sup> Como su papá le ha dicho a Pepe que, en efecto, los patos, los gansos y los cisnes son miembros de especies naturales distintas, Pepe tiene derecho a esperar que todos los patos, gansos y cisnes que vea en el futuro caigan naturalmente dentro o en el borde de una de estas especies, y que no encontrará dato alguno que caiga en la región entre ellas. Tal expectativa puede ser violada, quizá durante una visita a Australia. Pero le servirá mientras siga siendo miembro de la comunidad que ha descubierto, de la experiencia, la utilidad y la viabilidad de estas particulares distinciones conceptuales y que ha transmitido la capacidad de hacerlas de una generación a otra.

Al ser programado para reconocer lo que ya sabe su futura comunidad, Pepe ha adquirido información racional. Ha aprendido que estos gansos, patos y cisnes forman especies naturales distintas y que la naturaleza no presenta cisnes-gansos ni gansos-patos. Algunas constelaciones de cualidades van juntas; otras no existen. Si entre las cualidades de sus conglomerados estuviese contenida la agresividad, entonces su paseo hubiese cumplido funciones conductuales tanto como zoológicas. Los gansos, a diferencia de los patos y los cisnes, tienen una voz especial y muerden. Lo que Pepe aprendió vale la pena de saberse. ¿Pero sabe lo que significan los términos "ganso", "pato" y "cisne"? En sentido utilitario, sí, pues puede aplicar estos rótulos

<sup>19</sup> Le agradezco a Sarah Kuhn, a su paciencia y a su lápiz, el haberme hecho estos dibujos.

<sup>20</sup> Se evidenciará más adelante que todo lo especial de este método de procesar estímulos depende de la posibilidad de agrupar los datos en conglomerados con espacios vacíos entre ellos. Sin espacios vacíos, no hay otra opción a la estrategia de procesamiento que, ideada para un mundo de todos los datos posibles, se cifra en definiciones y reglas.

pasar a identificar por sí mismo otros problemas newtonianos. Además, esa asimilación de ejemplos es parte de lo que lo capacita para aislar las fuerzas, las masas y los límites dentro de un nuevo problema, así como para escribir un formalismo conveniente para solucionarlo. Pese a su simplicidad excesiva, el caso de Pepe debe sugerir por qué insisto tanto en que los ejemplos compartidos desempeñan funciones cognoscitivas esenciales, previas a la especificación de los criterios con respecto a lo que son ejemplares.

Concluiré mi argumento regresando al asunto decisivo, ya analizado en relación con las generalizaciones simbólicas. Supóngase que los científicos sí asimilan y almacenan el conocimiento contenido en ejemplos compartidos. ¿Tiene entonces el filósofo que participar en el proceso? ¿No puede en lugar de ello estudiar los ejemplos y extraer reglas de correspondencia que, junto con los elementos formales de la teoría, harían superfluos los ejemplos? A esa pregunta ya sugerí la siguiente respuesta. El filósofo está en libertad de sustituir reglas por ejemplos y por lo menos, en principio, puede tener la esperanza de lograr éxito en su tarea. En el proceso, sin embargo, alterará la naturaleza del conocimiento poseído por la comunidad de la cual se extrajeron sus ejemplos. Lo que estará haciendo, en efecto, será sustituir un medio de procesar datos por otro. A menos que sea extraordinariamente cuidadoso, al hacerlo así estará debilitando el conocimiento de la comunidad. E incluso con cuidado, cambiará la naturaleza de las futuras respuestas de la comunidad a algunos estímulos experimentales.

La educación de Pepe, aun cuando no haya sido en ciencia, da una nueva clase de testimonios a favor de estas afirmaciones. Identificar cisnes, gansos y patos mediante reglas de correspondencia, antes que por medio de la similitud percibida, es dibujar curvas cerradas y que no se cortan en torno de cada uno de los conglomerados de la figura 2. Lo que resulta es un sencillo diagrama de Venn, que muestra tres conjuntos que no se traslapan. Todos los cisnes están en uno, todos los gansos en otro, etc. Pero, ¿por dónde deben dibujarse las curvas? Las posibilidades son infinitas. Una de ellas se ilustra en la figura 3, en donde las fronteras están dibujadas muy próximas a la figura de las aves en los tres conjuntos. Dadas tales fronteras, Pepe puede decir ahora cuáles son los criterios para la pertenencia a los conjuntos de los cisnes, los gansos o los patos. Por otro lado, tal vez se vea en problemas la siguiente vez que vea un ave acuática. La forma dibujada en el

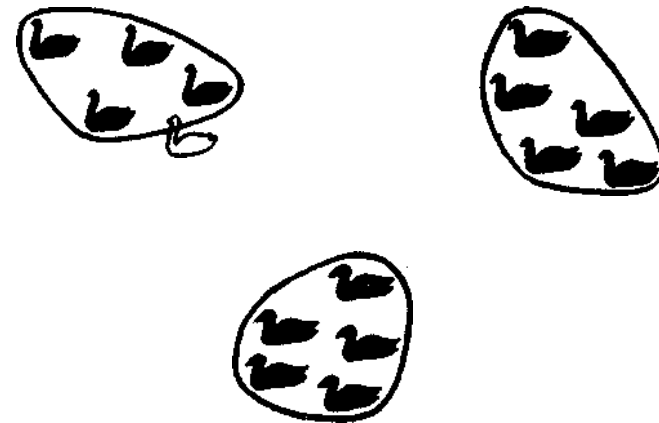


Figura 3

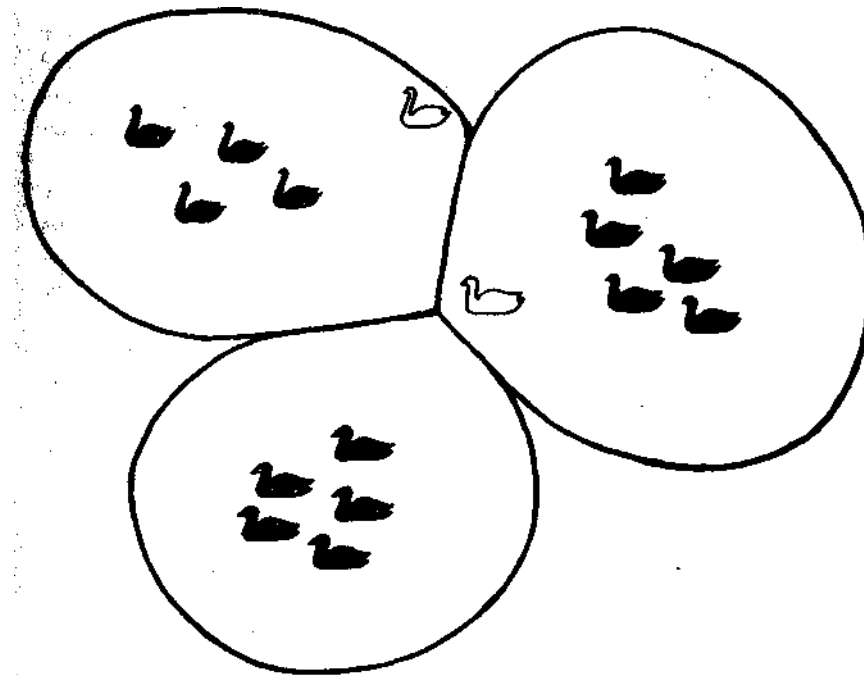


Figura 4

diagrama es obviamente un cisne por el criterio de la distancia percibida, pero no es un cisne, ni un ganso, ni un pato, por las reglas de correspondencia aplicables a la pertenencia a un conjunto dado, las cuales se acaban de introducir.

Por consiguiente las fronteras no deben dibujarse demasiado cerca de los bordes de un conglomerado de ejemplares. Vayamos, pues, al otro extremo, la figura 4, y dibujemos fronteras que agotan la mayoría de las partes pertinentes del espacio perceptual de Pepe. Con esta elección, ningún ave que aparezca cerca de uno de los conglomerados existentes presentará problema, pero al evitar esa dificultad hemos creado otra. Pepe ya sabía que no hay cisnes-gansos. La nueva reconstrucción de su conocimiento lo priva de esa información; en lugar de ella, le da algo que es prácticamente improbable que necesite, el nombre que se aplica al dato de un ave que se encuentra en el espacio vacío entre los cisnes y los gansos. Para remplazar lo que ha perdido, podemos imaginarnos que agregamos al aparato cognoscitivo de Pepe una función de densidad que describa la probabilidad de que se encuentre un cisne en varias posiciones dentro de las fronteras de los cisnes, junto con funciones iguales para los gansos y los patos. Pero el criterio de similitud original ya servía para esto. En efecto, podríamos haber vuelto al mecanismo de procesamiento de datos que habíamos dicho que se remplazaba.

Claro está que ninguna de las más cuidadosas técnicas para dibujar fronteras de conjuntos lo hará. El compromiso indicado en la figura 5 es una mejora obvia. Toda ave que aparezca próxima a uno de los conglomerados existentes pertenece a ese mismo. Toda ave que aparezca entre conglomerados no tiene nombre, pero tampoco es probable que se presente ese dato. Con fronteras de conjuntos como éstas, Pepe debe ser capaz de operar con buenos resultados durante algún tiempo. No ha ganado nada, sin embargo, al sustituir fronteras de conjuntos por su original criterio de similitud, y en realidad ha perdido algo. Si ha de mantenerse la conveniencia estratégica de estas fronteras, no tiene que cambiar su ubicación cada vez que Pepe se encuentre con otro cisne.

La figura 6 muestra lo que tengo en mente. Pepe ha encontrado otro cisne. Está, como debe, completamente dentro de la antigua frontera de conjunto. No hay problema de identificación. Pero puede haberlo la próxima vez, a menos que las fronteras nuevas, que aquí se representan con líneas punteadas, se dibujen tomando en cuenta la forma alterada del conglomerado de los cisnes. Sin el ajuste hacia afuera de

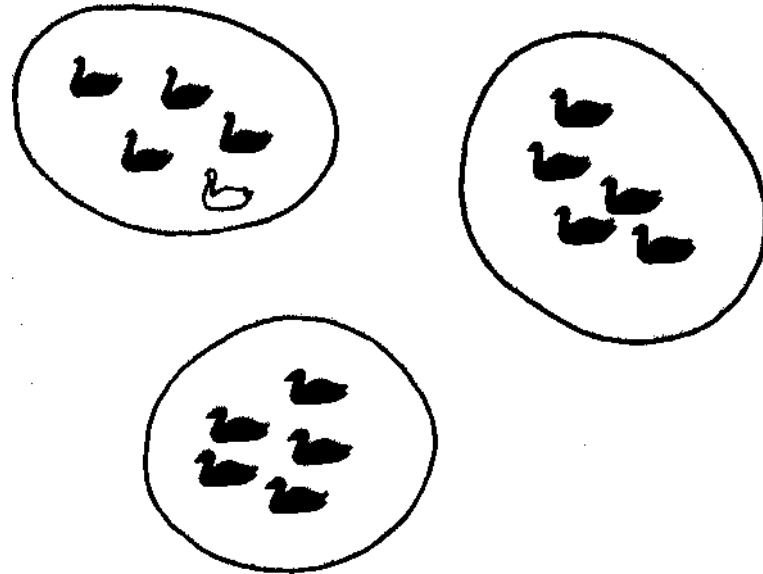


Figura 6

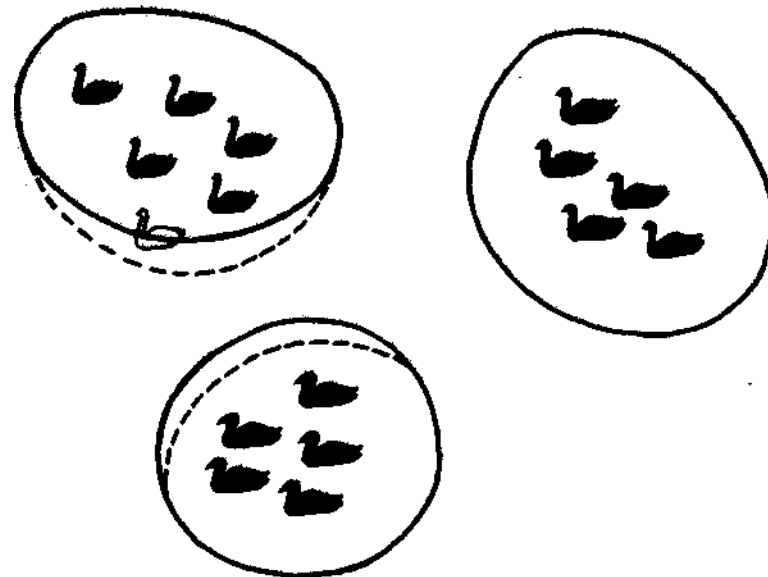


Figura 6

la frontera de los cisnes, la próxima ave que se encuentre Pepe, aunque sea claramente un cisne por el criterio de semejanza, acaso no caiga en la frontera antigua o fuera de ésta. Sin la retracción simultánea de la frontera de los patos, el espacio vacío, que los maestros de Pepe, más experimentados, le han asegurado que puede conservar, se habría vuelto demasiado estrecho. De ser así, cada experiencia nueva puede exigir un ajuste de las fronteras de los conjuntos, y entonces habría que preguntarse si Pepe fue inteligente al permitir que los filósofos dibujaran por él tales fronteras. El primitivo criterio de similitud que había adquirido le habría servido para manejar todos estos casos sin problemas y sin ajustes continuos. Estoy seguro de que hay algo así como cambio de significado o cambio del campo de aplicación de un término. Pero sólo la noción de que el significado o la aplicabilidad dependen de fronteras determinadas podría infundirnos el deseo de desplegar aquí esa fraseología.<sup>21</sup>

Debo subrayar que no estoy sugiriendo que no haya nunca buenas razones para dibujar fronteras o para adoptar reglas de correspondencia. Si a Pepe se le presentan series de aves que llenan los huecos entre los cisnes y los gansos, se verá forzado a resolver el dilema resultante que divide, por definición, el continuo cisnes-gansos. O, si hubiese razones independientes para suponer que el color es un criterio estable para la identificación de las aves acuáticas, Pepe se hubiese comprometido, inteligentemente, con la generalización de "Todos los cisnes son blancos".<sup>22</sup> Con esa estrategia, se podría ahorrar valioso tiempo de procesamiento de datos. En todo caso, la generalización daría un punto de entrada para las operaciones lógicas. Hay ocasiones adecuadas para cambiar a la estrategia, bien conocida, que se cifra en fronteras y reglas. Pero no es la única estrategia que existe para el

<sup>21</sup> De la misma manera, debieran evitarse aquí frases como "vaguedad de significado" o "conceptos de textura abierta". Ambas indican algo que falta y que luego podría aportarse. Tal sentido, sin embargo, es creado tan sólo por una norma que nos exige poseer condiciones necesarias y suficientes para la aplicabilidad de una palabra o una frase en un mundo de todos los datos posibles. En un mundo en que nunca aparecieran algunos datos, sería superfluo tal criterio.

<sup>22</sup> Nótese que el compromiso de Pepe para con la frase "Todos los cisnes son blancos" puede ser un compromiso hacia una ley relativa a los cisnes o hacia una definición (parcial) de tales aves. Esto es, puede recibir la generalización como analítica o como sintética. Como se sugirió en la nota 14, la diferencia puede tener grandes consecuencias, particularmente si Pepe se encuentra con un ave acuática, que en los demás respectos, parezca ser un cisne. Las leyes extraídas directamente de la observación se pueden ir corrigiendo poco a poco; no así las definiciones, por lo general.

jirocesamiento de estímulos o de datos. Existe una opción, la cual se basaba en lo que he venido llamando percepción aprendida de similitud. La observación, sea del aprendizaje del lenguaje, la educación científica o la práctica científica, sugiere que en realidad se emplea ampliamente. Pasándola por alto en la discusión epistemológica, podemos violentar nuestra comprensión de la naturaleza del conocimiento.

Volvamos, por último, al término "paradigma". Lo introduje en *La estructura de las revoluciones científicas* porque yo, el autor-historiador del libro, al examinar la pertenencia a una comunidad científica, no podía recuperar reglas compartidas suficientes para explicar la conducta de investigación del grupo, tan carente de problemas. Concluí, seguidamente, que los ejemplos compartidos de práctica fructífera le darían al grupo lo mismo que las reglas. Esos ejemplos fueron sus paradigmas, y como tales, indispensables para su trabajo constante de investigación. Por desgracia, habiendo llegado tan lejos, dejé que se expandiesen las aplicaciones del término, abarcando todos los compromisos de grupo compartidos, todos los componentes de lo que ahora deseo llamar la matriz disciplinaria. Inevitablemente, el resultado fue la confusión, y oscureció las razones originales para introducir un término especial. Pero esas razones se siguen manteniendo. Los ejemplos compartidos deben desempeñar las funciones cognoscitivas que se atribuyen comúnmente a las reglas compartidas. Cuando así ocurre, el conocimiento se desarrolla de modo diferente de como lo hace cuando está gobernado por reglas. Por encima de todo, este artículo ha sido un esfuerzo por aislar, esclarecer y llevar a buen término esos puntos esenciales. Si pueden verse, seremos capaces de absolver el término "paradigma", aunque no al concepto que produjo su introducción.