

Aspectos filosóficos y sociales de las ciencias

*José Antonio Chamizo
(compilador)*



Aspectos filosóficos y sociales de las ciencias

José Antonio Chamizo
(compilador)

Primera edición 2009

D.R. © **Universidad Nacional Autónoma de México**
Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.
FACULTAD DE QUÍMICA

ISBN: 978-607-02-22355-8

Diseño de portada
Jorge Garfias Muñoz

Producción, diseño y cuidado de la edición
Federico Martínez Delamain

Impreso y hecho en México

PRESENTACIÓN

Alguien me pide una explicación de la teoría de Einstein.
Con mucho gusto, le hablo de tensores y geodésicas tetradimensionales.
—No he entendido una sola palabra— me dice estupefacto.
Reflexiono unos instantes y luego, con menos entusiasmo le doy una explicación menos técnica,
conservando algunas geodésicas, pero haciendo intervenir aviadores y disparos de revólver.
—Ya entiendo casi todo— me dice mi amigo con bastante alegría
pero hay algo que todavía no entiendo: esas geodésicas, esas coordenadas
Deprimido me sumo en una larga concentración mental y termino por abandonar para siempre las geodésicas y
las coordenadas; con verdadera ferocidad me dedico exclusivamente a aviadores que fuman mientras viajan a
la velocidad de la luz, jefes de estación que disparan un revólver con la mano derecha y verifican tiempos con
un cronómetro que tienen en la mano izquierda, trenes y campanas.
—Ahora si entiendo la relatividad— exclama mi amigo con alegría.
—Sí, le respondo amargamente—, pero ahora ya no es la relatividad.

Ernesto Sábato

La ciencia, o mejor dicho, las ciencias, son una de las contribuciones más importantes de la gran aventura intelectual de las sociedades humanas a lo largo de su historia, lugar donde se concretan la curiosidad y los incansables intentos de representar el mundo en el que vivimos y que construimos. Las ciencias son una creación humana, por lo tanto parte fundamental de su cultura y, aunque soslayada por muchos, condiciona profundamente las ideas sociales, algunas veces en forma velada pero no por ello menos cierta. Debido a que las ciencias buscan el conocimiento verificado, deberían ser racionales. Debido a que las ciencias son producto de un esfuerzo colectivo, no pueden ser racionales a menos que busquen el acuerdo colectivo. Pero tal acuerdo no basta para la racionalidad, porque los hombres y las mujeres también podemos ser colectivamente irracionales. Por eso hay que considerar los aspectos sociales de las ciencias. Por otro lado muchos filósofos afirman que las ciencias, para ser racionales, deben procurar el desarrollo empírico, pero no están de acuerdo acerca de cómo puede lograrse esto último. Lo que está claro es que a lo largo de la historia las comunidades científicas escogen entre las diversas teorías y modelos que se emplean para explicar el mundo, según normas que duran largo tiempo pero, que las comunidades científicas evalúan en forma diferente, de manera que la elección en última instancia se hace por razones adecuadas pero diferentes.

Las ciencias y cómo se construyen es el tema central del presente texto. El asunto es complejo y espinoso si aceptamos lo que Ernesto Sábato nos indica en el epígrafe, por lo que aquí solo se mostrarán algunas ideas desarrolladas en los últimos años. A lo largo de los primeros cuatro capítulos se recogen aportaciones de otros tantos autores sobre los aspectos sociales del quehacer científico y discusiones filosóficas que permiten caracterizar su crecimiento. Así G. Kneller apretadamente muestra el desarrollo del pensamiento filosófico sobre las ciencias en el siglo xx y las diversas discusiones y posturas que han manifestado algunos de sus principales protagonistas. Por otra parte S. Richards aborda el mismo periodo pero ahora considerando la visión sociológica del crecimiento científico y su estrecha relación con la tecnología. Posteriormente, R. Giere aborda uno de los principales problemas de las comunidades humanas y es el de la elección, en este caso la que realizan los científicos. S. Martínez, filósofo de la ciencia de nuestra universidad, avanza en esta dirección introduciendo la idea de geografía de la razón científica que le permite pensar la ciencia como racional y razonable. Finalmente el texto de G. Bachelard es un pequeño documento fundamental del gran filósofo y profesor francés de química sobre el conocimiento mismo.

Agradezco la participación en la presente antología de Esther González y de Alejandra Pacheco y al Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza de la UNAM (PE204206) su apoyo económico.

JACH
2009

ÍNDICE

- Presentación 3
- De las conjeturas a los paradigmas y de los programas de investigación a los anteproyectos metafísicos 7
George F. Kneller
- Estudios sociales de ciencia y tecnología 25
Stewart Richards
- El criterio científico 51
Ronald N. Giere
- La geografía de la razón científica 75
Sergio Martínez
- La noción de obstáculo epistemológico 97
Gaston Bachelard

De las conjeturas a los paradigmas y de los programas de investigación a los anteproyectos metafísicos¹

DE LAS CONJETURAS A LOS PARADIGMAS

LA RACIONALIDAD CIENTÍFICA

La ciencia evoluciona a través de los actos de hombres y mujeres, actos tales como inventar hipótesis, conducir experimentos, ponderar evidencias y publicar resultados. El propósito de estos actos es producir un conocimiento verificado, conocimiento que debe ser aceptado por la comunidad científica. A fin de producir tal conocimiento, la ciencia debe ser racional. Porque a menos que las pretensiones al conocimiento se basen racionalmente, no existen fundamentos para preferirlas a las de los gurús y los adivinadores de la suerte, y la búsqueda científica no tiene caso. Si vamos a comprender la actividad científica, pues, debemos encontrar no sólo cómo evoluciona la ciencia sino también cuán racionalmente lo hace.

¿Qué es ser racional? Los filósofos han contestado a esta cuestión en muchas formas. Pero el núcleo de racionalidad parece consistir en creer o hacer las cosas por buenas razones. En la ciencia un acto es racional en parte si el científico tiene buenas razones para pensar que es el que más probablemente alcanzará una meta de la ciencia. Tal acto es el mejor medio de llegar a una meta existente. Pero la racionalidad no está limitada a los medios. El acto es plenamente racional sólo si el científico tiene buenas razones para creer que la meta es la mejor para la ciencia dadas las circunstancias. Con todo, puede estar equivocado o ser egoísta. Por consiguiente, una ciencia considerada como un todo no puede ser racional a menos que sus metas, y así mismo sus medios, sean continuamente evaluados por todos los científicos. Porque la ciencia es una actividad colectiva, y sin debate colectivo no existe forma de juzgar si las

metas actuales son lo mejor para la ciencia, considerada en su conjunto, o sólo para determinados científicos.

Que la racionalidad científica requiere un debate colectivo que pretende llegar a un acuerdo colectivo también puede verse en la actividad que resuelve problemas de la ciencia. La solución a un problema científico es un argumento lógico en el cual se extraen conclusiones de premisas, y se aportan pruebas para demostrar que las conclusiones son de hecho verdaderas. La solución se califica examinando si la conclusión está implicada por las premisas y si la apoyan las pruebas. Es claro que si es propuesta una solución al mismo tiempo como lógicamente correcta y tácticamente verdadera, debe ser verificable por todos los científicos calificados, lo cual significa, por lo menos, por todos los científicos que trabajan en el campo. Esto no quiere decir que ellos llegarán a un acuerdo, desde luego (pueden necesitar una década, una generación o incluso más tiempo), sino más bien que la ciencia no puede ser racional y sin embargo no buscar su asentimiento.

Para ser racional, la ciencia debe buscar el acuerdo universal, por lo menos dentro de la disciplina o especialidad. Con todo, la universalidad en este sentido es solamente la *forma* de la racionalidad científica, no la sustancia, porque la gente puede ser colectivamente irracional, y los científicos pueden pensar que actúan en forma racional cuando no lo son. Una decisión unánime de los astrónomos de regresar a la astrología no sería necesariamente racional. El consenso colectivo es una condición necesaria, pero no suficiente para la racionalidad en la ciencia.

¿Cuál es, entonces, la *sustancia* de la racionalidad científica? La mayor parte de los filósofos de la ciencia concuerdan en que la pretensión general de la ciencia es aumentar nuestro acervo de conocimientos empíricos, esto es, de proponer teorías que logren predecir más hechos que sus predecesoras. Pero no están de acuerdo acerca de cómo debe lograrse esa pretensión. Algunos favorecen a las teorías que lógicamente abarcan a las

¹ Kneller, F. G. (1981) *La ciencia en cuanto a esfuerzo humano*, capítulos 3 y 4, N.O.E.M.A. Editores, S.A., p.p. 40-61.

teorías anteriores. Algunos afirman que los científicos deben inventar teorías atrevidas y especulativas y probarlas despiadadamente. Algunos afirman que los científicos deben elaborar las implicaciones de una sola teoría y descubrir todos los hechos que puede predecir. Algunos, así mismo, requieren la competencia entre programas de investigación para ver cuáles pueden predecir con éxito la mayor parte de los hechos. Pero también algunos presionan a los científicos para que propongan y prueben tantas teorías como sea posible, especialmente aquellos que contradicen las ya establecidas. Todavía otros filósofos, con los cuales estoy de acuerdo, niegan que, el desarrollo empírico sea un fin suficiente para la ciencia. Afirman que la ciencia debe buscar teorías que no sólo sean más exitosas, desde el punto de vista empírico, que sus predecesoras, sino que también representen al orden de la naturaleza en una forma más simple, coherente y estética.

Sin embargo antes de discutir estas doctrinas, debo recalcar que los científicos actúan en respuesta no sólo de hallazgos científicos, sino también de factores que están totalmente fuera de la ciencia, como las teorías filosóficas, las doctrinas religiosas, la opinión pública, las decisiones gubernamentales y la disponibilidad de fondos de investigación. Tampoco estos factores promueven necesariamente el comportamiento irracional. Newton, por ejemplo, no fue irracional cuando afirmó que el espacio está vacío de manera que Dios puede llenarlo con su presencia, porque en una sociedad religiosa la pretensión de la ciencia era demostrar la existencia de Dios a partir de la evidencia de la naturaleza. Por otra parte, los científicos pueden ser irracionales aun cuando actúen únicamente por consideraciones científicas. Los físicos ingleses que desearon las ideas de Faraday sobre el campo electromagnético tenían cerradas sus mentes por su formación newtoniana. Como resultado de su indiferencia, Faraday se derrumbó moralmente y murió en fecha temprana y el progreso de la física se demoró por una generación. Posteriormente en este mismo libro, examinaré la influencia de los factores sociales y culturales. Por ahora consideraré la naturaleza del cambio científico desde una perspectiva dentro del movimiento científico mismo.

HUME Y LA INDUCCIÓN

El actual debate sobre el cambio científico comenzó como una reacción ante la filosofía del empirismo lógico. Veamos, por lo tanto, el problema de la inducción que los empiristas lógicos buscaron resolver. Este problema plantea qué bases tenemos para razonar de los casos particulares a las expresiones generales. Las leyes de la

ciencia asumen la forma de "Todas las A son B," esto es, "todas las piezas de cobre se expanden por el calor". Las leyes son aceptadas, o bien porque muchísimos examinaron las A que han sido B pero no las A que no son B, o debido a que las leyes han sido deducidas de otras que se han establecido precisamente en esta forma. Así la ley citada era propuesta originalmente y ha sido justificada, sobre la base de que todas las piezas de cobre que han sido calentadas se encontraba que se expandían. La operación lógica de hacer o de justificar una expresión general en forma irrestricta basándose en la fuerza de observar diversos casos particulares se llama "inducción."

Pero, como lo demostró convincentemente David Hume, ningún número de expresiones de la observación entraña siempre lógicamente una expresión general. Su corazón era simple pero devastador: Nunca es contradictorio afirmar "Todas las A observadas son B, pero algunas A no observadas no lo son." Ciertamente, ni siquiera podemos deducir que la siguiente A observada será una B, porque siempre es lógicamente posible que no lo sea. Aunque el sol puede haber surgido todos los días desde que comenzó el mundo, no tiene por qué salir mañana. Tampoco puede demostrar que la inducción sea confiable al argumentar que la mayor parte de las inducciones pasadas lo son, porque puede replicarse, sin contradicción, que la siguiente inducción puede no serlo. Sin embargo, todas las leyes y las teorías científicas dan por supuesto que el futuro se parecerá al pasado, que lo que se ha observado hasta aquí será observado a partir de ahora. Así el supuesto de que la naturaleza es regular, presupone la validez de la inducción. Por consiguiente, concluyó Hume, como la inducción puede no ser válida, la ciencia puede no serlo. Sus leyes y teorías no tienen una garantía racional, ya que siempre pueden ser refutadas por el siguiente caso.

EL EMPIRISMO LÓGICO

Los empiristas lógicos, sucesores de los positivistas lógicos de la década de 1920, contestaron a Hume como sigue: Podemos no ser capaces de demostrar que una ley o una teoría científica son verdaderas, pero sí podemos calcular la *probabilidad* de que lo sean. Procedemos en ese sentido al elaborar la relación entre (a) el número de predicciones que se han derivado de la teoría y han sido confirmadas, y (b) el número total de predicciones que pueden ser derivadas de la teoría. Si esta relación es suficientemente alta, la teoría puede considerarse bien confirmada. Algunos empiristas lógicos, como Rudolf Carnap, han propuesto principios lógicos para calcular

tales proporciones y el grado de probabilidad que prestan a una teoría.² Para el empirismo lógico, pues, la ciencia inductiva es racional debido a que en principio, por lo menos, puede decir al científico cuán probable es que sus teorías sean verdaderas y de aquí qué tanto puede confiar en ellas.

Sin embargo, a medida que se adquieren más datos, una nueva teoría puede llegar a proponerse que esté más de acuerdo con la evidencia que la teoría establecida. ¿Entonces sustituimos a la teoría antigua con la nueva, o conservamos a ambas?

Conservamos ambas, dicen los empiristas lógicos. Contrariamente a la mayor parte de los autores del siglo XIX, quienes habían sostenido que la ciencia cambia principalmente al agregar leyes e informes de observaciones nuevos a los antiguos, los empiristas lógicos supusieron que la ciencia se desarrolla, y racionalmente, al convertir las leyes y las teorías establecidas en consecuencias lógicas de teorías nuevas, más comprensivas. Este proceso se denomina "reducción," y se dice que la teoría antigua o "reducida" es un caso "especial" o "limitante" de la nueva. En las palabras de Ernest Nagel:

El fenómeno de una teoría relativamente autónoma, que viene a ser absorbida o reducida a alguna otra teoría más inclusiva es una característica innegable y recurrente de la historia de la ciencia moderna. Existen muchas razones para pensar que tal reducción continuará teniendo lugar en el futuro.³

Por ejemplo, la teoría de Newton de la mecánica y la gravitación explicó varias de las actuales leyes del movimiento, tales como la ley de Galileo de los cuerpos que caen libremente cerca de la superficie de la Tierra y las leyes del movimiento planetario de Kepler. En tanto, que estas leyes describieron los movimientos de los cuerpos en regiones limitadas hasta aquí consideradas como distintas (espacio terrestre y celeste), la teoría de Newton describió el movimiento a través del espacio. Posteriormente, las leyes de Newton del movimiento fueron reducidas a la teoría especial de la relatividad de Einstein y su ley de gravitación a la teoría generalizada. De manera similar de acuerdo con el empirismo lógico, la termodinámica fue reducida a la mecánica estadística, y muchas leyes químicas fueron explicadas por la mecánica del

quantum. En la actualidad se intenta reducir la genética clásica a la biología molecular.

Tal como los empiristas lógicos las vieron, las nuevas teorías científicas generalmente se proponen para explicar las antiguas, esto es, para demostrar que las últimas valían para un intervalo limitado de fenómenos y que lógicamente quedan comprendidas por las teorías que son más comprensivas. Las llamadas teorías revolucionarias, como la relatividad y la mecánica del *quantum*, no refutan y reemplazan las teorías establecidas; simplemente les ponen límites. Como regla, decían los empiristas lógicos, para que una teoría nueva sea aceptable debe, o bien abarcar la teoría actual o por lo menos ser congruente con ella. Más específicamente, si T y T' son dos teorías —T' la doctrina por explicar y T la teoría explicativa— entonces T' es explicada al deducirla de T juntamente con expresiones de condiciones iniciales que especifiquen los fenómenos para los cuales T' es verdadera.⁴

CRÍTICA DEL EMPIRISMO LÓGICO

La posición del empirismo lógico está abierta a serias objeciones, y como resultado ha perdido la mayor parte de su apoyo con los filósofos de la ciencia. En primer lugar, los empiristas lógicos afirman que la ciencia es racional en la medida en que es inductiva, pero la mayor parte de ellos han tenido que admitir que sus teorías de la probabilidad y la confirmación son por lo general inaplicables. Carnap, por ejemplo; acepta que su lógica inductiva no logra explicar episodio alguno en la historia de la ciencia, y advierte que en su explicación ni una sola teoría científica universal se confirma en lo más mínimo.⁵ Pero si no podemos decir cuán probables son nuestras teorías no podemos apresurar las probabilidades en contra de

² Carnap, R. (1962) *Logical foundations of probability*, 2ª Ed., Chicago, University of Chicago Press; Reichenbach, H. (1956) *The rise of scientific philosophy*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press, cap. 16.

³ Nagel E. *The structure of science*, p.p. 336-337.

⁴ Véase Hempel, G. C. (1953) "Studies in the logic of explanation", en *Readings in the philosophy of science*, ed. Herbert Feigl and May Brodbeck, New York: Appleton-Century-Crofts, p. 321. Una exposición más reciente es la de Nagel, E. (1970) "Issues in the logic of reductive explanation", en *Contemporary philosophic thought: mind, science, and story*, Ed. Howard E. Kiefer and Milton K. Munitz, Albany, State University of New York Press, p. 121.

⁵ Carnap, *Logical foundation of probability*, p. 243: "Por ejemplo, no podemos esperar aplicar la lógica inductiva a la teoría general de la relatividad de Einstein, para encontrar un valor numérico del grado de confirmación de esta teoría...Lo mismo vale para los otros pasos en la transformación evolucionaria de la física moderna... una aplicación de la lógica inductiva en estos casos está fuera de la cuestión." Véase también *Ibíd.*, p. 571.

su refutación por el siguiente caso. Así se viene abajo la argumentación del empirista lógico en contra de Hume. Así mismo, los empiristas lógicos argumentan en favor de la reducción, pero como hemos visto, debido a cambios en el sentido de los términos una teoría sólo raras veces puede ser reducida a otra. No niego que las oraciones análogas a algunas de las de una teoría predecesora por lo regular puedan ser reducidas de las premisas de su sucesora. Pero la teoría anterior no se reduce lógicamente ni en su integridad. Además, como Feyerabend ha señalado, si requerimos de cada teoría subsecuente que incluya a su predecesora como un caso especial, estamos obligados a descartar cualquier teoría nueva que sea lógicamente inconsistente con la anterior. ¿Qué tan racionales seríamos si desecháramos la relatividad einsteiniana, que logra predecir con éxito los hechos newtonianos y más, simplemente porque contradice la teoría que fue aceptada primero?

Los empiristas lógicos estaban más interesados en la estructura del conocimiento científico que en el proceso por el cual ese conocimiento es cambiado. Pusieron poca atención a las formas en que las teorías son extendidas y criticadas y ninguna en absoluto al proceso de invención. Ellos afirman que las teorías son creadas por el genio, o la intuición, o el accidente, no por el pensamiento racional. Son conjeturas inspiradas que no pueden hacerse racionalmente sino que pueden ser sometidas a prueba en forma racional. Pero afirmaron esto como dogma, sin molestarse en verificarlas. En suma, el empirismo lógico estaba perfectamente abierto al ataque por cualquier filósofo que tuviera interés en el cambio científico.

KARL POPPER

El primer ataque en contra del empirismo lógico proviene de Karl Popper. Una vez miembro del Círculo de Viena, de filiación positivista lógica, Popper afirmó que la solución del empirismo lógico al problema de la inducción no constituye solución alguna. Por probable que pueda parecer una teoría, todavía puede ser refutada por la siguiente pieza de evidencia ante la cual se presente. (No importa cuántas A's resulten ser B's, no podemos tener la seguridad de algunas restantes A's que no son B's.) Pero si no podemos verificar una teoría, tal vez podamos falsificarla. Ningún número de expresiones que informen la observación de A's que son B's comprende lógicamente la generalización de "Todas las A's son B's." Pero una simple expresión que informe sobre la observación de una A que es C entraña la expresión "No todas las A's son B's." Se sigue que *aunque una teoría nunca puede ser probada en forma concluyente, sí puede ser conclu-*

yentemente falsificada. De aquí que la pretensión de la ciencia en cuanto esfuerzo racional es inventar teorías que son falsificables y someterlas a prueba buscando refutarlas.⁶

Para Popper, pues, la ciencia avanza mediante la proposición de teorías audaces ("conjeturas"), al hacer todos los esfuerzos posibles por falsificarlas ("refutaciones") y al aceptar provisionalmente sólo aquellas teorías que sobreviven a este proceso. En sus propias palabras:

No existe un procedimiento más racional que el método de prueba y error, de conjetura y refutación; de teorías que hacen proposiciones atrevidas; de hacer nuestro mejor esfuerzo por demostrar que son erróneas, y de aceptarlas provisionalmente si nuestros esfuerzos críticos alcanzan éxito.⁷

Popper elogia las teorías atrevidas y falsificables de Newton, Maxwell y Einstein, así como los experimentos "decisivos" realizados por Michelson y Morley a fin de someter a prueba la hipótesis del éter, y por Eddington para probar la teoría general de la relatividad, decisivos porque confirmaron una hipótesis y reprobaron otras. Concluye que cada vez que la ciencia protege a sus teorías, se estanca.

Veamos más de cerca la tríada de conjeturas, refutaciones y aceptaciones provisionales de Popper. Cuantas más cosas pretende explicar una teoría, dice Popper, más está abierta a la refutación, pues produce más predicciones de las que pueden ser reprobadas. En este sentido, las teorías altamente falsificables son "sumamente improbables" antes de ser sometidas a prueba. Cuando hay teorías en competencia, la menos probable debe ser sometida a prueba primero, porque si sobrevive, podemos tener más confianza en ella de la que podríamos haber tenido en las otras. Como el anhelo de la ciencia es la refutación, no la confirmación, todo va a ganarse mediante la exposición no la ocultación, de las debilidades de una teoría. El científico debe expresar anticipada-

⁶ Las principales obras de Popper sobre filosofía de la ciencia son *The logic of scientific discovery* (publicada originalmente en 1936 con el título de *Logik der Forschung*), *Conjectures and refutations*; y *Objective knowledge: An evolutionary approach*, Oxford: Clarendon, 1972. Sobre Popper véase *The philosophy of Karl Popper* Ed. Paul Arthur Schilpp, The Library of Living Philosophers, vol. 14, La Salle, III, Open Court, 1974. Se trata de una colección de ensayos obra de diversas personas e incluye la autobiografía intelectual de Popper.

⁷ Popper, *Conjectures and refutations*, p. 51.

mente aquellas pruebas que considera como refutaciones potenciales de su teoría. En particular, debe hacer "predicciones riesgosas" que afirmen la existencia de estados de cosas que no son deducibles del conocimiento anterior y si es posible que sean excluidas por él, estados de cosas que sólo la teoría misma nos lleva a esperar. "Las confirmaciones deben contar," dice, "sólo si son resultado de *predicciones riesgosas*; esto es decir, si, no ilustrados por la teoría en cuestión, habríamos esperado un acontecimiento que era incompatible con la teoría, acontecimiento que habría refutado a la teoría."⁸

De acuerdo con Popper, una teoría normalmente está falsificada cuando una predicción derivada de ella no está de acuerdo con un acontecimiento observado en lo que quienes la apoyan y sus críticos por igual concuerdan en que es una prueba seria.⁹ Una teoría que no puede ser falsificada —y para Popper los ejemplos fundamentales son el marxismo y el psicoanálisis— no es científica, sino metafísica o dogmática. "La irrefutabilidad no es una virtud de una teoría (como a menudo piensa la gente) sino un vicio."¹⁰ Una teoría refutada es un éxito, no sólo porque la teoría puede poseer belleza intelectual sino porque conduce al descubrimiento del hecho que la refuta y así estimula a la investigación para explicarla.

Pero no basta con falsificar teorías. Por lo menos algunas teorías deben resistir a la falsificación y en este sentido ser "corroboradas". Sólo la corroboración nos dice cuál de nuestras teorías describe al mundo real y proporciona indicaciones útiles para una ulterior investigación. Una serie de teorías que han sido rápidamente refutadas llevarían a la investigación a un callejón sin salida, porque conducirían a los científicos a la oscuridad acerca de la relación de sus teorías con el mundo y acerca de cuáles hipótesis vale la pena probar.

Para Popper, finalmente, toda buena ciencia es revolucionaria. La ciencia crece a través del derrumbamiento continuo de teorías al refutar hechos y por medio de su sustitución por teorías que expliquen más hechos. En sus propias palabras:

⁸ *Ibíd.* p. 36.

⁹ Popper afirma que una teoría refutada puede ser conservada hasta que se encuentra una mejor alternativa. En un punto dice que "si las exposiciones aceptadas básicas (esto es, probadas) contradicen a una teoría, entonces las tomamos como proporcionando suficientes fundamentos para su falsificación sólo si corroboran una hipótesis falsificadora al mismo tiempo" (*Logic of scientific discovery*, p. 87.) Con todo, su posición general es que una teoría puede ser falsificada en ausencia de una alternativa, y que tan pronto como se le falsifica debe buscarse una alternativa.

¹⁰ Popper, *Conjetures and Refutations*, p.p. 36-37.

Las teorías de Kepler y de Galileo fueron unificadas y desplazadas por la teoría de Newton, más fuerte desde el punto de vista lógico y mejor para ser sometida a prueba, y de manera similar la de Fresnel y la de Faraday por la de Maxwell. La teoría de Newton, y la de Maxwell a su vez, fueron unificadas y desplazadas por la de Einstein. En cada uno de esos casos el progreso se orientó hacia una teoría más informativa y por lo tanto lógicamente capaz de ser sometida a prueba por que hacía a predicciones que, en un sentido puramente lógico, eran más fácilmente refutables.¹¹

CRÍTICA DE POPPER

El corazón de la filosofía de Popper es la idea liberadora de que la ciencia crece a través de teorías arriesgadas y falsificables, idea que tanto el biólogo Peter Medawar como el neurólogo David Eccles declaran que ha inspirado su propia investigación. Con todo, la idea es sólo verdadera en parte, y en otros aspectos la teoría de la ciencia de Popper tiene serias fallas.

Aunque Popper afirma haber librado a la ciencia de la inducción, reintroduce la noción, en su exposición, de las expresiones de corroboración y prueba. Decir que podemos tener más confianza en una teoría que se ha resistido a nuestros esfuerzos decididos por refutarla es, en efecto afirmar que podemos tener más confianza ahora porque nuestra confianza anterior estaba justificada. Pero esto es razonamiento inductivo. De nuevo, verificamos una expresión sometida a prueba al repetir la observación que registra. Pero aceptar la primera prueba sobre la fuerza de la segunda es aceptarla inductivamente.¹² Así Popper se apoya en la inducción, después de todo.

Popper afirma que toda la buena ciencia es revolucionaria. Pero como Kuhn y otros han señalado, la ciencia también crece al extender en forma sistemática una teoría principal a través de las soluciones que suscita. En lugar de buscar refutaciones, los científicos descubren más hechos al aplicar la teoría a las muchas diferentes clases de situaciones que promete explicar. Popper ignora esta parte de la ciencia.

Así mismo, si los científicos hubiesen seguido a Popper al pie de la letra la ciencia habría perdido algunas de sus teorías más exitosas. De hecho, las refutaciones

¹¹ *Ibíd.* p. 220.

¹² Véase Harris, E. E. (1970, *Hypothesis and perception: The roots of scientific method*, New York, Humanities Press, p.p. 75-76.

aparentes a menudo ignoran y han sido ignoradas con la esperanza de que resultarán ser inexactas.¹³ Galileo, por ejemplo, promovió la teoría copernicana enfrente de lo que en aquel tiempo parecía ser abrumadora evidencia en contrario. La teoría de Newton fue conservada frente a tales hechos anómalos como la precesión de mercurio (ver nota 16.) La teoría especial de la relatividad fue sostenida sobre la evidencia en contrario de D. C. Miller, quien repitió el experimento de Michelson-Morley.

A juicio mío, el falsificacionismo no sólo es falso desde el punto de vista histórico, sino antirracional. Los casos contrarios a menudo desafían a los científicos para desarrollar una teoría a su plena capacidad. Una nueva teoría prometedor no debe ser rechazada a la primera refutación seria. La teoría puede haber sido refutada simplemente porque se aplicó incorrectamente. En cualquier caso, como señala Lakatos, todas las nuevas teorías "han nacido refutadas". Una razón de ésto, como indica Feyerabend, es que la evidencia disponible ha sido reunida por los científicos guiados por teorías que apoyan la teoría sometida a desafío y de aquí que descansen en supuestos antagónicos a los de la teoría nueva. Si la teoría nueva va a disfrutar de una audiencia justa, debe permitírsele mostrar cuántos hechos *nuevos* puede predecir correctamente.

En suma, la teoría de Popper es una brillante conjetura unilateral que ha sido refutada en parte pero que, en la forma en que él mismo prescribe, estimuló la proposición de otras teorías con más contenido empírico. La primera de estas teorías fue presentada por Thomas S. Kuhn.

THOMAS S. KUHN

En donde Popper atribuye el crecimiento de la ciencia a la actividad imaginativa y crítica del científico individual guiado por el ideal falsificacionista, Kuhn afirma que la ciencia avanza cuando los científicos están adiestrados en una tradición intelectual común y utilizan dicha tradición para resolver los problemas que suscita. Kuhn ve a la historia de una ciencia "madura" como esencialmente la de una sucesión de tradiciones, cada una con su propia teoría y sus métodos de investigación propios, cada una guiando a una comunidad de científicos durante un período de tiempo, y cada una de ellas abandonada a final de cuentas.¹⁴

Kuhn comenzó por llamar a las ideas de una tradición científica "paradigma," pero ahora las llama "matriz disciplinaria". Nunca define claramente qué es un

paradigma, pero podemos considerarlo como una visión del mundo expresada en una teoría.¹⁵ La teoría pretende explicar el comportamiento de las entidades básicas en algún sector del mundo. El paradigma como un todo determina qué problemas se investigan, qué datos se consideran pertinentes, qué técnicas de investigación se utilizan, y qué tipos de solución se admiten. Por ejemplo, bajo el paradigma newtoniano, se llega a soluciones en términos de fuerzas y movimientos de partículas.

La matriz disciplinaria de Kuhn se concibe en una forma más precisa. Consiste de cuatro elementos: generalizaciones simbólicas, supuestos metafísicos, valores y soluciones a problemas concretos ("ejemplares.") Las generalizaciones simbólicas son menos leyes que los "esquemas de leyes"; producen leyes diferentes y específicas cuando se aplican a situaciones diferentes. La ley $F = ma$, por ejemplo, se aplica a muchas situaciones y se encuentra en muchos tipos de ecuaciones. Los físicos estudian esta fórmula y aprenden a ver los problemas mecánicos en términos de fuerzas, masas y aceleraciones. Las generalizaciones simbólicas se interpretan con la ayuda de supuestos metafísicos —supuestos que no pueden ser probados empíricamente por ahora— tales como (en el siglo XIX) los supuestos de que existen átomos y campos de fuerza. Los valores son las cualidades que se valoran en una teoría, tales como la congruencia interna, el poder predictivo y la fertilidad para sugerir problemas. Los ejemplares son soluciones de problemas modelos que sirven como guías para resolver problemas reales. Por ejemplo, Galileo calculó el movimiento de una bola en un plano inclinado considerándola como afín al movimiento de un péndulo, ya que (en ausencia de fricción) la bola reúne velocidad suficiente para volver a la misma altura sobre una segunda inclinación. Esta solución fue utilizada como modelo por los científicos posteriores que trabajaron en la mecánica. Con la ayuda de ejemplares, las generalizaciones simbólicas tales como $F = ma$ se aplican a tipos particulares de situaciones tales como los cuerpos que caen libremente, los péndulos y los resortes.

¹³ Véase Lakatos I., "Popper on demarcation and induction", en *Philosophy of Karl Popper*, Ed. Schlipp. p. 247.

¹⁴ Los escritos más importantes de Kuhn son *The structure of scientific revolutions*; "Second thoughts on paradigms" en *The structure of scientific theories*, ed. Frederick Suppe, p.p. 459-482; "Logic of discovery or psychology of research?" y "Reflections on my critics" en *Criticism and the growth of knowledge*, Ed. Imre Lakatos and Alan Musgrave, p.p. 1-23 y 31-78.

¹⁵ Margaret Masterman advierte 21 sentidos diferentes en que Kuhn utiliza el término "paradigma" en la edición original de *Structure of scientific revolutions*. Véase su ensayo "The Nature of a Paradigm" en *Criticism and the Growth of Knowledge*, Ed. Lakatos and Musgrave, p.p. 59-89.

Kuhn divide la historia de la ciencia madura, guiada por paradigmas, en fases "normales" y "revolucionarias". Durante la ciencia normal, los investigadores desarrollan las implicaciones de un paradigma o de una matriz disciplinaria lo más plenamente posible. No critican al paradigma ni le buscan alternativas. El paradigma proporciona problemas y asegura a los científicos que cada problema es soluble. Un problema no resuelto se refleja en el científico más bien que sobre el paradigma. Durante todo el siglo XIX, por ejemplo, la procedencia de Mercurio fue considerada como un reto para los científicos y no como un falsificador del paradigma newtoniano.¹⁶

Las revoluciones como las de Copérnico, Newton, Darwin y Einstein son infrecuentes, dice Kuhn, y son desencadenadas por crisis. Ocurre una crisis cuando los científicos son incapaces de resolver muchos problemas pendientes desde hacía tiempo al confrontar un paradigma. El gran número de anomalías pendientes se considera entonces como un "escándalo" y los científicos comienzan al mismo tiempo a someter a prueba el paradigma y a buscar alternativas basadas en diferentes supuestos metafísicos. Finalmente, una alternativa obtiene el apoyo de la mayor parte de los científicos en el campo y se le acepta como el paradigma nuevo. El conocimiento anterior es reconcebido o eliminado; se rescriben los libros de texto; los cursos son alterados y los científicos ven al mundo en una forma distinta.¹⁷ Kuhn cita la crisis de la física del *quantum* después del derrumbe de la "antigua teoría del *quantum*" de Bohr en 1922, cuando proliferaron las teorías rivales, en especial las de de Broglie, Bohr-Kramers-Slater, Schrödinger, y Heisenberg. La crisis se resolvió en 1926 cuando Max Born demostró que las teorías de Schrödinger y de Heisenberg eran matemáticamente equivalentes.¹⁸

Kuhn defiende la racionalidad de la ciencia normal sobre dos fundamentos. Primero, es una forma sumamente eficiente de resolver problemas y de extender una teoría principal.¹⁹ El paradigma mantiene a los científicos alejados de argumentar interminablemente sobre supuestos fundamentales, de bordar sobre problemas improductivos o insolubles, y de disputar con no conformistas y chiflados. Las ciencias "inmaduras," como las denomina Kuhn, como son la psicología y la sociología, hacen pocos progresos porque carecen de paradigmas; están divididas por escuelas en guerra, ninguno de cuyos miembros aceptará el trabajo de otras escuelas como base sobre la cual puede avanzar la ciencia considerada en su conjunto.

En segundo lugar, todo paradigma prepara el camino para su sucesor. Dado que cualquier teoría es una abstracción de la realidad, ninguna teoría puede esperar explicar todos los fenómenos que están dentro de sus dominios. Más pronto o más tarde toda teoría encuentra hechos anómalos. La investigación de acuerdo con un paradigma garantiza que la mayor cantidad posible de estos hechos se encuentra lo más pronto posible. Cuando el paradigma está agotado y se enfrenta a las anomalías que marcan sus límites, los científicos buscan un sucesor.

¿Es racional la ciencia revolucionaria? Sólo hasta cierto punto, dice Kuhn, porque las teorías nueva y la antigua son inconmensurables en dos aspectos. Primero, como he mencionado ya, utilizan algunos de los mismos términos en diferentes sentidos. Segundo, quienes apoyen a ambas teorías, al ver al mundo a través de dos ejemplares diferentes, observarán diferentes hechos. En donde los aristotélicos veían un cuerpo pesado privado de caer, Galileo veía un péndulo. En donde Priestley había visto aire despojado de flogisto y otros nada habían visto, Lavoisier veía oxígeno.²⁰

Con todo, entre los dos grupos existe siempre una "comunicación parcial". Cada grupo puede traducir los términos problemáticos del otro al vocabulario cotidiano de ambos grupos.²¹ Además, existen normas de comparación entre teorías que trascienden a los paradigmas. Incluyen la capacidad de resolver problemas, el poder explicativo, el poder predictivo, la simplicidad,

¹⁶ Kuhn, "Postscript-1969" *Structure of scientific revolutions*, p. 190. Para mediados del siglo XIX, los astrónomos habían observado que el perihelio (punto más cercano al Sol) de la órbita del planeta Mercurio avanza 43 segundos más de arco por siglo de lo que pueden explicar los efectos perturbadores de otros planetas. La teoría general de la relatividad de Einstein predijo esta desviación exactamente y explicó que se sigue del hecho de que, siendo el planeta más cercano al Sol, Mercurio se mueve alrededor de él más rápidamente que los demás debido a la mayor influencia de su campo gravitacional.

¹⁷ Kuhn, *Structure of scientific revolutions*, p.p. 111-121: "El paradigma cambia debido a que los científicos ven el mundo de su compromiso investigación en forma diferente... Aunque el mundo no cambia con un cambio de paradigma, el científico con posterioridad trabaja en un mundo diferente".

¹⁸ Kuhn, *Reflections on my critics*, p.p. 257-258.

¹⁹ Kuhn *Structure of scientific revolutions*, p. 166: "En su estado normal... una comunidad científica es un instrumento inmensamente eficiente para resolver los problemas o los desconcertos que definen sus paradigmas."

²⁰ Kuhn, *Ibíd.* p.p. 118-125, 200.

²¹ *Ibíd.* p. 202: "Cada uno puede, esto es, tratar de descubrir lo que el otro vería y diría cuando se le presente un estímulo al cual su propia respuesta verbal sería diferente."

la consistencia interna y la consistencia con las teorías aceptadas.²² Sin embargo, estas normas operan como valores, al ser evaluadas diferentemente por los distintos científicos. Así, en tanto que un científico puede admirar a la teoría prevaleciente por su simplicidad, otro puede apoyar a una teoría rival debido a su poder predictivo. Los científicos, pues, pueden concordar en que determinadas cualidades son valiosas en las teorías, pero no están de acuerdo sobre el valor que corresponde a determinadas teorías particulares.

Debido a que los estándares de valoración de teorías son valores que pueden ser aplicados en forma diversa, los científicos no pueden probar lógicamente que una teoría es mejor que otra. En cambio deben "persuadir" la una a la otra racionalmente. Kuhn distingue entre persuasión y conversión. Un científico es persuadido por una teoría nueva cuando juzga intelectualmente que es superior a la teoría establecida, aun cuando pueda no serle emocionalmente simpática; ha sido convertido a la teoría cuando se encuentra en su casa con ella y ve al mundo en términos de ella. Un científico puede ser convencido por una teoría pero aún no ser convertido por ella. Esta fue la experiencia de muchos científicos cuando se encontraron por primera vez con la teoría de la relatividad en su edad intermedia.²³ Con todo, los primeros que apoyaron una teoría nueva se comprometen con ella, por regla general, por una sensación que les produce la promesa de la teoría que no pueden articular plenamente. En las palabras de Kuhn:

Alguna cosa debe hacer sentir por lo menos a unos cuantos científicos que la proposición nueva está en el camino correcto, y en ocasiones son sólo las consideraciones personales y las consideraciones estéticas inarticuladas las que pueden hacer eso. En ocasiones los hombres se han convencido por ellas cuando la mayor parte de los argumentos técnicos articulados apuntaban en otro sentido... Si un paradigma va a triunfar alguna vez, debe ganarse algunos primeros partidarios, hombres que la desarrollarán hasta el punto en donde los argumentos realistas pueden producirse y multiplicarse.²⁴

²² *Ibíd.* p.p. 155, 185, 199.

²³ *Ibíd.* p. 204.

²⁴ *Ibíd.* p. 159. Yo encuentro persuasiva esta tesis. Para mí, las intuiciones son actos cuyo contenido está tan condensado que su estructura racional a menudo se oculta. En lugar de descartar tales actos como meramente subjetivos, deberíamos buscar reconstruir su racionalidad inherente.

CRÍTICA DE KUHN

La exposición de Kuhn del cambio científico es amplia y se ilustra con gran riqueza de ejemplos históricos. Es el único filósofo hasta ahora que ha relacionado el impulso intelectual de la ciencia con la comunidad científica, y fue el primero en destacar la persistencia de las tradiciones de investigación incluso frente a anomalías serias. Con todo, su trabajo tiene determinados defectos que debemos considerar ahora.²⁵

Debido a que Kuhn no logra especificar sus componentes (teoría, técnicas, estándares, etc.) la idea de un paradigma tiene poca utilidad en cuanto herramienta de investigación. El concepto de una matriz disciplinaria es más preciso pero le falta el componente fértil y unificador de una visión del mundo. La matriz disciplinaria es un conjunto de partes separadas que parecen insuficientes para inspirar una tradición de investigación en un periodo sustancial de tiempo.

Kuhn propone a la ciencia normal, que genera revoluciones intermitentes, como el único modo de desarrollo para una ciencia madura. Sin embargo la ciencia también crece en otras formas. En ocasiones se propone una teoría grande y principal, no en respuesta a una integración de anomalías, sino para resolver un conflicto que ha surgido entre dos teorías existentes. Einstein introdujo la teoría especial de la relatividad a fin de reconciliar la mecánica newtoniana con la electrodinámica de Maxwell, y su teoría generalizada de la relatividad a fin de unir a la teoría especial con la teoría de la gravitación de Newton. No es raro que se proponga una teoría nueva para explicar una nueva área de ignorancia, como sucedió después del descubrimiento de los *pulsares* en 1967.²⁶ En ocasiones una teoría puede ser inventada por un grupo de científicos que entran a una disciplina establecida desde afuera, como el grupo del fago, fundadores de la biología molecular que se cambiaron de la física a la biología a fines de 1930 y principios de 1940.

²⁵ Algunas de las mejores críticas de Kuhn se encuentran en *Criticism and the growth of knowledge*, Ed. Lakatos and Musgrave; y en Dudley Shapere, "The structure of scientific revolutions", *Philosophical review* 73 (1964), 383-394 y "The paradigm concept", *Science* 172 (14 May 1971), 706-710.

²⁶ Los pulsares emiten radiaciones en pulsos de unos cuantos centenares de segundo a intervalos de menos de un segundo. Se piensa que son estrellas de neutrones en rotación, estrellas colapsadas con un diámetro de aproximadamente 30 millas y una densidad en términos generales 1000 veces la del Sol. Pulsan con regularidad asombrosa, y si fueran utilizados como relojes serían precisos hasta una fracción de segundo por año.

Una tradición de investigación también puede alterar sus propios supuestos, como lo hace durante el siglo actual la genética mendeliana.²⁷ Así mismo, una tradición puede ser arrojada a una situación de casi crisis por una controversia puramente teórica. Tanto la relatividad general como la mecánica del quantum actualmente son atacadas por razones teóricas, no debido a que hayan acumulado anomalías. Además, Kuhn no explica por qué las anomalías, que siempre están ahí, en ocasiones precipitarán la búsqueda de una teoría nueva y en ocasiones no.

Entonces, de nuevo, la crítica de una teoría preva-
leciente, el trabajo en teorías alternativas y la discusión sobre fundamentos parece ocurrir en todos los periodos, y se intensifica sólo en aquellos que Kuhn denomina revolucionarios. Durante el siglo XIX, por ejemplo, la tradición newtoniana influyó en el pensamiento de la mayor parte de la física pero no la dominó. En el estudio del electromagnetismo competían dos tradiciones: la tradición continental de una acción a distancia, derivada de Ampere y de Coulomb, y la tradición de campo inglesa iniciada por Faraday. Diferentes científicos que trabajaban en estas tradiciones se apoyaban en diferentes supuestos newtonianos. Ambas tradiciones eran compatibles en forma diversa con la newtoniana, pero ninguna de las dos era dirigida por aquélla. Veamos a la ciencia en la actualidad. La física de partículas se divide entre la teoría de la matriz S y la teoría de campo del *quantum*. La relatividad generalizada ha sido asediada durante medio siglo por críticos como E. A. Milne, Henri Poincaré, Alfred North Whitehead, Fred Hoyle y Robert Dicke. En la actualidad, está en competencia con una diversidad de teorías.²⁸ En la mecánica del *quantum*, la interpretación de Bohr-Heisenberg-Dirac de la teoría del *quantum* ha sido criticada por varios científicos tales como Einstein, Schrödinger, de Broglie, David Bohm y Alfred Landé. En biología, la teoría sintética de la evolución se enfrenta a la competencia de la teoría "neutralista".²⁹ En suma, en la mayor parte de las ramas de la ciencia a menudo existe una teoría preva-
leciente, o que ejerce una auto-
ridad particular, pero raras veces carece de alternativas.

Cierto, algo corresponde a la ciencia normal de Kuhn, pero es un estado de cosas mucho más fluido de lo que Kuhn nos llevaría a creer.

La ciencia normal estricta por lo general no es muy racional, porque en ella una sola teoría es extendida pero no criticada. Esto limita un tanto el alcance de la indagación, pues no se consideran teorías alternativas, y así mismo la tasa de desarrollo, pues una teoría kuhniana estimula la búsqueda de un sucesor sólo después de que ha acumulado anomalías. No niego que pueda haber motivo para concentrar recursos en una sola teoría en determinadas ocasiones. Si la teoría dominante de la ciencia o especialidad rebasa todos los competidores, y en forma continua y exitosa predice hechos nuevos, tiene sentido respaldar la teoría con hombres y dinero hasta que comience a mostrar rendimientos decrecientes, punto en el que algunos recursos podrían ser desviados a alternativas prometedoras.

Volvámonos ahora a la elección de teorías. Kuhn ha sido acusado de afirmar que una teoría nueva triunfa sobre otra antigua en parte por obra de la propaganda (que estimula a los científicos a dar un "salto de fe") y en parte por medio del fallecimiento de científicos de la vieja guardia.³⁰ Sin embargo en realidad, sostiene que las teorías se comparan por referencia a estándares comunes, pero afirma que éstos son racionalmente persuasivos sin ser lógicamente obligatorios. Sus críticos no han logrado igualar la ausencia de compulsión lógica con la ausencia total de razón. Con todo, los estándares de Kuhn son demasiado generales para ofrecer una guía explícita a los científicos que se enfrentan con teorías remarcadamente opuestas. Criterios como la capacidad de resolver problemas y la simplicidad pueden ser evaluados e interpretados en forma muy diferente por científicos distintos. Esto hace que la elección de teorías de Kuhn sea una cuestión más personal de lo que Kuhn se da cuenta, aparentemente. Lo que es más importante, los estándares son formales más bien que sustantivos; Kuhn no ofrece estándares para valorar el contenido de las teorías. Como resultado, los científicos no tienen criterios explícitos para decidir qué teoría avanza, en la cien-

²⁷ Véase también Larry Laudan, *Progress and its problems*, p.p. 75, 97-98.

²⁸ Clifford M. W. *Gravitation theory*, Scientific American, 231, November 1974, p.p. 25-33.

²⁹ De acuerdo con la teoría neutralista (propuesta, por ej., por J. Crow de los Estados Unidos y M. Kimura de Japón) muchas mutaciones que ocurren en el DNA son neutrales más bien que adaptativas o maladaptativas. Tales mutaciones se diseminan a través de las poblaciones en un proceso llamado "impulso genético" y son responsables de muchas características.

³⁰ Véanse las críticas hechas por Popper, Watkins y Lakatos en *Criticism and the growth of knowledge*, Ed. Lakatos and Musgrave, así mismo Imre Lakatos, *History of science and its rational reconstructions*, en PSA 1970: En Honor de Rudolf Carnap, Boston Studies in the Philosophy of science, vol. 8, Ed. Roger C. Buck y Robert S. Cohen, Dordrecht, Holland, Reidel, 1971, e Israel Scheffler, *Science and subjectivity*, Indianapolis, Bobbs-Merrill, 1965, p. 18. Kuhn contesta a ésta y a otras críticas en el Postscript a su *Structure of scientific revolutions* y en las demás obras suyas que he citado.

cia, en la dirección que debería seguir. Tal decisión sólo puede tomarse refiriéndose a las metas intermedias o de largo plazo de la ciencia.

He criticado a estos pensadores pero pospondré mi valoración última hasta finales del capítulo. Mientras tanto, examinemos las reacciones de los filósofos ante el choque entre los esquemas kuhniano y popperiano.

DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN A LOS ANTEPROYECTOS METAFÍSICOS

El debate Popper-Kuhn enfrentó a los filósofos de la ciencia con el siguiente problema. Popper afirmó que la ciencia es racional en la medida en que busca criticar sus teorías. Kuhn, por otra parte, argumentó que durante la mayor parte del tiempo que vive una gran teoría, se desarrolla, y debe desarrollarse en lugar de criticarse. ¿Podrían reconciliarse estos puntos de vista? Dos de los antiguos estudiantes de Popper, Imre Lakatos y Paul Feyerabend, decidieron que sí podría hacerse, pero propusieron soluciones completamente diferentes: el racionalismo de estilo propio por una parte y el anarquismo consciente por la otra. Comienzo con Lakatos.³¹

IMRE LAKATOS

Popper tiene razón, dice Lakatos, en oponerse al imperalismo de las teorías aisladas, no criticadas, pero se equivoca al postular una refutación despiadada. Kuhn tiene derecho a exceptuar de la crítica a una teoría que se desarrolla, pero se equivoca al exceptuar a todo el campo. La prueba real de una teoría es esta: ¿predice con éxito los hechos nuevos? Si lo hace, las "refutaciones" pueden pasarse por alto. La ciencia se mantiene crítica por

medio de la competencia entre teorías. Las teorías rivales exponen las debilidades mutuas por sus propios éxitos, y finalmente se abandonan las teorías menos fértiles.

Lakatos llama "programa de investigación" a una teoría en proceso de desarrollo; consiste de un "núcleo duro", un "cinturón protector" y una "heurística". El núcleo duro comprende los supuestos del programa, —¿en el caso de Newton, las tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación—. El cinturón protector es una colección de hipótesis auxiliares que mantienen sin refutación al núcleo duro. En lugar de desechar un axioma desde el núcleo, el científico suma o elimina una hipótesis auxiliar. El cinturón protector newtoniano incluía la óptica geométrica, la teoría de Newton de las refracciones atmosféricas y muchas otras hipótesis. Una heurística es una política de investigación que indica cómo pueden deducirse las implicaciones del núcleo duro y aplicarse a las situaciones reales. Sugiere qué tipos de hipótesis proponer, qué problemas resolver y qué técnicas utilizar para resolverlos. Al seguir la heurística, el científico ignora todas las anomalías excepto las que anticipa la heurística. En las palabras de Lakatos:

El científico hace una lista de anomalías, pero, en tanto que su programa de investigación mantiene su ímpetu, las pasa por alto. Es primariamente la heurística positiva de su programa, y no las anomalías, la que dicta la elección de sus problemas. Sólo cuando la fuerza impulsora de la heurística positiva se debilita, se debe prestar más atención a las anomalías.³²

La heurística positiva de Newton, dice Lakatos, incluía (a) el principio de que un planeta es un trompo gravitador de forma más o menos esférica, y (b) un aparato matemático, que supone el cálculo diferencial, la teoría de la convergencia y ecuaciones diferenciales e integrales.³³ Guiado por esta heurística, Newton elaboró una serie de modelos cada vez más complejos para calcular las órbitas de los planetas. Al tratar al Sol y a los planetas como puntos—masas, construyó, primero, un sistema planetario de un Sol y un solo planeta, y después un sistema en el cual, tanto el Sol como el planeta giraban alrededor de un centro común de gravedad, y después un sistema con más de un planeta pero con sólo fuerza heliocéntrica sin fuerzas interplanetarias. Después cambió de los puntos-masas a las esferas—masas, difícil movimiento matemá-

³¹ Los puntos de vista de Lakatos se presentan en *Falsification and methodology of scientific research programmes in Criticism and the growth of knowledge*, ed. Imre Lakatos and Alan Musgrave, p.p. 91-196; *History of science and its rational reconstructions*, en PSA 1970: In memory of Rudolf Carnap, Boston studies in the philosophy of science, vol. 8 ed. Roger C. Buck and Roberts S. Cohen, Dordrecht, Holland Reidel, 1971, p.p. 91-136; *Popper on demarcation and induction*, in the Philosophy of Karl Popper, ed. Paul Arthur Schilpp, The library of living philosophers, vol. 14, book I, La Salle, III: Open court, 1974, p.p. 241-273; and *Why did Copernicus 'Research Program Supersede Ptolemy's'?* in the Copernican achievement, ed. Robert S. Westman, Berkeley and Los Angeles University of California Press, 1975, p.p. 354-383; *Method and appraisal in the physical sciences*, ed. Colin Howson, que también contiene una fina crítica por Feyerabend.

³² Lakatos, *Popper on demarcation and induction*, p. 248.

³³ Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p.p. 133-134, 144-146 y *Why did Copernicus. Research program supersede Ptolemy's?* p.p. 368-369.

tico que demoró la publicación de los *Principia* durante más de una década. Después de resolver este problema, se volvió hacia las esferas que giraban y a sus balanceos. Al introducir las fuerzas interplanetarias, calculó perturbaciones, después postuló planetas abultados más bien que redondos, y así sucesivamente. Todos estos modelos entraban como hipótesis en el cinturón protector.

Para Lakatos, un programa de investigación o bien progresa o degenera. Progresa si cada cambio en el cinturón protector conduce a alguna predicción nueva y útil. Degenera si deja de hacer y de confirmar predicciones inesperadas y en cambio explica hechos nuevos con hipótesis apropiadas no anticipadas en su heurística. (Una hipótesis adecuada predice sólo aquellos hechos para explicar por los cuales fue inventada³⁴ de aquí que no promueve el desarrollo científico).³⁵

Entre 1913 y 1921, el programa de Bohr-Sommerfeld, que investigaba la estructura del átomo de hidrógeno, logró predecir con éxito un hecho detrás de otro, incluyendo la constante Rydberg (para espectros atómicos similares al del hidrógeno), la serie Balmer (de líneas espectrales de hidrógeno), la serie de Pickering-Fowler, el efecto Stark (la división de las líneas espectrales del hidrógeno en un campo eléctrico) y el efecto Zeeman normal (la división de tales líneas en un campo magnético).³⁶

En 1922 el programa comenzó a degenerar. La fórmula de Bohr de los espectros de las moléculas diatómicas fue refutada y sustituida por una fórmula que era correcta, pero ad hoc. Después las dobles líneas inesperadas se elevaron en los espectros alcalinos. Estos fueron explicados a propósito por una "regla de división relativista", y después por un giro de un electrón inconsistente con la relatividad específica. El programa de Bohr reaccionaba, sin éxito, ante los nuevos descubrimientos en lugar de pronosticarlos. Pronto fue superado por la mecánica de ondas de de Broglie y Schrödinger y por la mecánica de matriz de Heisenberg.³⁷

Un programa de investigación es juzgado por su comportamiento en comparación con programas rivales. Un programa supera a otro, dice Lakatos, si predice con éxito todo lo que su rival logra pronosticar exitosamente y algo más. Einstein propuso su teoría específica de la relatividad en 1905, pero su programa no logró superar el programa del éter de Lorentz, sino hasta 1915, cuando Einstein logró explicar con éxito la precesión anómala del perihelio de Mercurio.³⁸ Los programas newtoniano y huygensiano en óptica batallaron durante casi un siglo y medio antes de que una mayoría de físicos se convenciera y la adoptara debido a los experimentos de Fresnel.³⁹

Sin embargo, cualquier programa puede efectuar un retorno, y nunca puede saberse, en su tiempo, si un programa particular está terminado. Durante casi un siglo el programa de Prout no logró convencer a la mayor parte de los químicos sino hasta que fue reivindicado por Rutherford y Soddy.⁴⁰ Sólo cuando un programa está casi completamente abandonado se puede recoger la prueba decisiva debido a la cual fue superado. De acuerdo con Lakatos, la naturaleza decisiva del experimento de la doble abertura de Young no fue reconocido sino hasta media generación después.⁴¹ No existe, repito, una "racionalidad instantánea", ningún principio por el cual se pueda decir en su tiempo si un programa determinado debe abandonarse.

³⁴ Un ejemplo clásico es la hipótesis de la contracción de Lorentz-Fitzgerald, que fue propuesta para explicar el fracaso del experimento de Michelson-Moreley en su intento de detectar un incremento en la velocidad de la luz al viajar en la misma dirección del movimiento de la Tierra y el éter. La hipótesis afirmaba que los objetos se contraen a la velocidad de la luz, y que el brazo del interferómetro se había encogido en proporción al cambio en la velocidad de la luz, que por lo tanto no había podido medir. Así el hecho de que la luz aparentemente viajaba a la misma velocidad cuando va en el mismo sentido del éter que en contra de él no desaprobó la existencia del éter.

³⁵ El concepto de "especial" es más complejo de lo que esta formulación sugeriría, y recientemente ha sido muy debatido. Véase, por ejemplo, Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p. 175 (incluyendo las notas 2 y 3) e *History of science and its rational reconstructions*, p. 103 n. 36; Elie Zahar, *Why did Einstein's program supersede Lorentz's?* en *Method and appraisal in the physical sciences*, ed. Howson, p.p. 216-219; Jarret Leplin, "The concept of an ad hoc hypothesis", *Studies of history and philosophy of science* 5 (1975), p.p. 309-345; y Adolf Grünbaum, "Ad hoc auxiliary hypotheses and falsificationism", *British Journal for the Philosophy of Science*, 27 (December 1979), pp 329-362.

³⁶ Bajo un espectroscopio el vapor calentado de cada elemento químico emite su propia línea de un color característico o una serie de líneas, dependiendo del movimiento de los electrones del elemento. Cada línea de color puro tiene una longitud de onda específica.

³⁷ Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p.p. 146-154.

³⁸ Zahar, *Why did Einstein's program supersede Lorentz's?* p. 262.

³⁹ Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p p. 158-159.

⁴⁰ *Ibid.*, p.p. 138-140.

⁴¹ *Ibid.*, p. 159. John Worral sostiene, por otra parte, que las versiones de Young del programa de las ondas eran degenerativas y asociadas "Thomas Young and the refutations of Newtonian optics: A case study in the interactions of philosophy of science and history of science", en *Methods and Appraisal in the physical sciences*, ed. Howson, pp 107-179. Experimento de la abertura doble: en 1802 el físico inglés Thomas Young, identificó el fenómeno de la interferencia de la luz. Observó

CRÍTICA DE LAKATOS

En cuanto herramienta de investigación, la teoría de Lakatos no tiene superior. Lakatos dirige al investigador para que busque conceptos específicos en una tradición de investigación: el núcleo duro, el cinturón protector, la heurística, la fase progresiva y la degenerativa. Además, tiene un estilo siempre vívido y agradable. Sin embargo, en cuanto filósofo es un tanto estrecho. No examina la evolución de la ciencia considerada en su conjunto, y siente poco atractivo por el lado estético de la ciencia, que ha estimulado a otros pensadores. Gasta mucho tiempo en la discusión con contrarios, así reales como imaginarios. Su temprana muerte lo privó de la oportunidad de trascender estas limitaciones.

La teoría de Lakatos tiene debilidades específicas. Al tratar a los programas de investigación como competidores, no explica cómo una gran tradición de investigación, como es la newtoniana en la mecánica, puede guiar una disciplina o un campo durante décadas sin encontrar un rival serio. Tampoco logra explicar las revoluciones. Para él, un programa de investigación simplemente examina a otro después de una lucha más o menos prolongada. No existe una crisis que precipite una búsqueda de alternativas, ni conciencia alguna, cuando una mayoría se ha cambiado a una teoría nueva, de que ha ocurrido una revolución. Pero, como lo ha demostrado Kuhn, tales crisis han ocurrido, como en la búsqueda de una teoría del *quantum* que reemplace a la de Bohr.

Aunque Lakatos frecuentemente, juzga a la ciencia pasada, no ofrece a los científicos actuales estándar consistente alguno que seguir. Distingue entre progreso y degeneración en un programa de investigación, pero después dice que un programa que degenera puede volver en cualquier tiempo, y después de nuevo insiste en que la derrota final sólo puede ser identificada mucho tiempo después de que ha ocurrido el acontecimiento. Las últimas dos proposiciones significan que no existe forma de decir si un programa en proceso de degeneración se recuperará. Igualmente, pues, no existe medio de juzgar si un programa que actualmente progresa no será derrotado a final de cuentas por un programa que ahora está

que cuando se hace pasar la luz a través de dos pequeñas aberturas proyectándola sobre una pantalla, se divide en dos rayos, que después recombina para mostrar un modelo de bandas luminosas y oscuras. Concluyó que las bandas son recurrentes debido a que los picos y las mesetas de los rayos que se recombinan no siempre están en fase. Cuando los picos coinciden, se refuerzan mutuamente, produciendo una línea de luz; cuando un pico y una meseta coinciden, se cancelan mutuamente, produciendo una línea oscura.

estancado. Lakatos dice al científico cómo debe reconocer el progreso y la degeneración pero no qué hacer con ellos. Sugiere, es cierto, que los editores deben rechazar los trabajos presentados por los trabajadores que investiguen en los programas que degeneren, y que deben negarse los fondos necesarios a tales programas.⁴² Sin embargo, aquí es inconsecuente. Habiendo declarado que sólo una percepción retrospectiva revelará cuándo debe abandonarse un programa determinado, aconseja al establecimiento científico que haga justamente aquello que puede matar a un programa, lo merezca o no. ¿Qué tal que un trabajo que ha sido rechazado habría iniciado una tendencia ascendente?

Algunos dirán que basta con proporcionar criterios para evaluar programas sin ofrecer consejo alguno sobre cómo hacer “buena ciencia”. Pero no puede evitarse que los criterios de evaluación sean directivas oblicuas para la práctica. Decir que un programa está en proceso de progresar o de degenerar es implicar que merece mayor o menor apoyo de parte de los científicos. Lakatos, en efecto, cancela esta directiva implícita al disponer que puede ocurrir un retorno. De aquí que debió haber reservado para los historiadores los términos “progresivo” y “degenerativo” y para los contemporáneos las expresiones “temporalmente progresivo” y “temporalmente degenerativo”, que tienen una fuerza calificadora mínima.

Lakatos tampoco logra explicar por qué comienza un programa nuevo de investigación. Para Feyerabend, como veremos, los científicos postulan teorías nuevas para predecir hechos que refutarán a una teoría establecida. Para Kuhn, las proponen cuando pierden confianza en esa teoría. Pero para Lakatos nace un nuevo programa de investigación en respuesta a ningún estímulo particular, ni siquiera a la degeneración de un programa existente.

Lo que es más importante, como Maxwell lo señala, Lakatos no propone una forma de inventar un núcleo duro y una heurística racionalmente o de escoger en forma racional entre núcleos duros y heurísticas. Esto hace que el desarrollo científico sea notoriamente irracional. Como ya he dicho, actuar racionalmente es formar una pretensión defendible y actuar a fin de lograrla. Pero Lakatos en ninguna parte propone que una ciencia o una especialidad podrían tener una pretensión y que deben lanzarse programas de investigación para realizarla. Para él, no existe forma de juzgar, antes de someter a prueba, si un programa propuesto probablemente sea empíricamente exitoso, debido a que no existe una pretensión en que se halla convenido públicamente o que sea discutible públicamente.

⁴² Lakatos, *History of science and its rational reconstructions*, p. 105.

camente en relación con la cual pueda evaluarse éste. El establecer un programa prometedor depende, parece, de la suerte o de la conjetura, no de la discusión racional.

La omisión de Lakatos es tanto más sorprendente cuanto que su establecimiento del retorno hace que sea imposible para los contemporáneos juzgar un programa de investigación sólo por su realización empírica. Elie Zahar, discípulo de Lakatos, postula la afirmación decisiva de que lo que llevó a físicos y matemáticos como Max Planck y Hermann Minkowski a cambiar el programa de Lorentz para adoptar el de Einstein, antes de que éste último viniera a ser empíricamente progresivo, fue el mayor poder de la heurística de Einstein.⁴³ En tanto que Lorentz estipulaba que las fuerzas electromagnética y molecular obedecen a sus ecuaciones de transformación, Einstein requería que todas las fuerzas obedezcan estas ecuaciones y que cualquier nueva ley implica una ley clásica como un caso limitante. Así el programa de Einstein prometía predecir más hechos que el de Lorentz. Sin embargo, Zahar pierde la oportunidad de hacer un "cambio creador".⁴⁴ en el propio programa de investigación de Lakatos. En lugar de argumentar que *todos* los programas deben ser calificados tanto por su coherencia intelectual como por su éxito empírico, Zahar hace valer la afirmación solamente para este caso.

PAUL K. FEYERABEND

Denominándose a sí mismo un "anarquista epistemológico", Paul Feyerabend es el más polémico y el más provocativo de los autores que consideramos. Su intención, según anuncia, es "convencer al lector de que *todas las metodologías, incluso las más obvias, tienen sus límites*"⁴⁵ y de que el científico debe estar en libertad de probar cualquier procedimiento que prefiera. En argumentos teóricos, y en su estudio de Galileo, busca

demostrar cómo la ciencia se estanca bajo el dominio de las teorías aisladas, y propone formas de superar dichas teorías.

Una vez que una teoría comprensiva (por ejemplo: la de Aristóteles, la de Ptolomeo, la de Newton) ha llegado a ser ampliamente aceptable, argumenta, estimula a los científicos para proponer teorías que sean congruentes con ella y a producir pronósticos consistentes con las propias. Feyerabend, llama a estas teorías ulteriores y a los campos de investigación que gobiernan "ciencias auxiliares". Cuanto más tiempo es aceptada una teoría más se refuerzan mutuamente ella y sus ciencias auxiliares. ¿Qué implica esto para una nueva teoría contraria?

Una teoría nueva es sometida a prueba, dice Feyerabend, no sólo contra los datos reunidos para verificar sus propias predicciones sino también contra datos proporcionados por las ciencias auxiliares basadas en supuestos similares a los de la teoría establecida. La teoría copernicana, por ejemplo, fue confrontada con datos proporcionados por las ciencias auxiliares que se ocupaban del proceso de la percepción, la atmósfera de la Tierra (en la cual fueron realizadas las pruebas), las propiedades de la Tierra (desde la cual fueron conducidas las pruebas), y así sucesivamente.⁴⁶ Estos datos reflejaban supuestos similares a los de la teoría ptoloméica que la teoría ptoloméica estaba destinada a refutar.⁴⁷ Por ejemplo la afirmación copernicana de que la Tierra gira sobre su eje, movimiento que no puede ser descubierto por un observador ubicado en la Tierra, dado que él mismo lo comparte, inevitablemente fue "refutada" por los datos que reflejaban el supuesto aristotélico de que todo movimiento puede ser observado. ¿Cómo, entonces, puede ser superada una teoría establecida?

Feyerabend responde a esta pregunta en dos formas. En principio, dice, el científico puede hacer lo que desee. No existe regla de investigación que no haya sido rota en algún momento en aras de los mejores intereses de la ciencia; de aquí que uno no pueda insistir en que en una situación determinada el científico debe seguir un curso determinado. Después de todo, ésta puede ser precisamente la situación en la cual debe romperse la regla. Tal es la esencia del bien conocido dicho de Feyerabend, "algo marcha". En sus propias palabras: "No existe una sola regla, por plausible que parezca, y por fir-

⁴³ Zahar, *Why did Einstein's program supersede Lorentz's?* p.p. 250-262, 271-172.

⁴⁴ Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p. 153. Uno de los cambios creadores más grandes en la historia de la ciencia fue la introducción de Einstein del "principio de equivalencia" (esto es, de la igualdad de las masas inercial y gravitacional) a través de la cual creó la teoría generalizada de la relatividad (Zahar, *Why did Einstein's program supersede Lorentz's?* p.p. 263-269).

⁴⁵ "Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge", en *Analyses of theories and methods of physics and psychology*, ed. Michel Radner and Stephen Winokur, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 4, University of Minnesota Press, 1970, p. 32.

⁴⁶ "Problems of empirism", part II, en *The nature and function of scientific theories: Essays in contemporary science and philosophy of science*, vol. 4, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1970, p.p. 292-293.

⁴⁷ La cuestión de cómo los datos están "cargados de teoría" se considerará en el siguiente capítulo.

memente arraigada que esté en la epistemología que no sea violada en un momento o en otro. Tales violaciones no son acontecimientos accidentales... Por el contrario... son necesarios para el progreso... Sólo existe *un* principio que pueda ser defendido en todas las circunstancias, y en todas las etapas del desarrollo humano. Es el principio de *algo marcha...*⁴⁸

Con todo, afirma, a menudo es razonable proceder "contrainductivamente": inventar una teoría que burle los supuestos que penetran los hechos conocidos al pronosticar una serie diferente de hechos más aquellos conocidos que la teoría establecida no puede explicar. ¿Dónde van a encontrarse estos nuevos sucesos?

La teoría nueva pronosticará eventos nuevos, algunos de los cuales pueden ser confirmados, aunque no necesariamente enseguida. La teoría también será acompañada por hipótesis subordinadas, que pueden convertirse con el tiempo en ciencias auxiliares capaces de predecir sucesos ulteriores. Así, Galileo por ejemplo, promovió la teoría copernicana al proponer nuevos datos astronómicos, reunidos por medio de su telescopio, para eludir los datos existentes entonces que apoyaban la teoría ptoloméica, así como una dinámica nueva (la de que el movimiento natural es circular y el movimiento compartido es inobservable) para sustituir la dinámica aristotélica que de manera similar apoyaba la teoría ptoloméica. Pero la teoría copernicana también necesitaba otras ciencias auxiliares tales como la meteorología y la óptica fisiológica (para proporcionar una teoría de la visión telescópica).⁴⁹ Éstas se desarrollaron más lentamente. De acuerdo con Feyerabend cada predicción que alcanza éxito producida por la teoría nueva estimula a los científicos a trabajar más con las ciencias auxiliares incipientes de la teoría, y viceversa.

¿Cómo, entonces, el científico innovador convence a otros científicos para tomar en serio los nuevos acontecimientos? Utiliza hipótesis ad hoc y, créase o no, la propaganda. Las hipótesis adecuadas explican provisionalmente hechos que en otra forma quedarían sin explicar. El científico espera que estas hipótesis a fin de cuentas serán confirmadas y así se establecerá el núcleo teórico de las ciencias auxiliares que busca.

Galileo impulsó la teoría copernicana con varias hipótesis apropiadas, notablemente la hipótesis de que el telescopio nos informa acerca de los objetos distantes con más exactitud que el ojo simple, la hipótesis de que sólo se observa el movimiento relativo y la de que el movimiento de la Tierra causa las mareas. Galileo utilizó la

primera hipótesis para explicar diversas observaciones que había hecho con su telescopio, tales como el hecho de que Marte y Venus se ven mucho más grandes cuando se acercan a la Tierra. De acuerdo con las observaciones hechas a simple vista en apoyo, de la teoría ptoloméica, estos planetas sólo se dilatan muy levemente. Galileo afirmó, sin embargo, que el telescopio elimina los rayos radiantes que son causados por la proximidad del planeta al Sol y que a simple vista parecen parte del planeta mismo. Estos rayos hacen que el planeta, al ser observado a simple vista, aparezca como mayor de lo que es en realidad cuando está lejos de la Tierra. Así, según Galileo, la discrepancia entre la leve dilatación (a simple vista) del planeta a medida que se acerca a la Tierra y la dilatación mucho mayor predicha por la teoría copernicana en realidad resulta de la magnificación ilusoria del planeta a simple vista cuando éste se encuentra cerca del Sol. Las observaciones de Galileo, pues, entraban en conflicto con los hechos establecidos, con las teorías ptoloméica y aristotélica (que suponían que los sentidos son fidedignos) y con el sentido común (que trató al supuesto ptoloméico-aristotélico como un hecho simple de la vida). Con el fin de volver convincentes sus sucesos, Galileo afirmó que eran explicados por su hipótesis telescópica y que favorecían a la teoría copernicana. En esta forma, dice Feyerabend, Galileo utilizó dos hipótesis que en otra forma no recibirían apoyo —la teoría copernicana y la hipótesis telescópica— para apoyarse mutuamente. Ambas hipótesis eran adecuadas, pero el hecho de que cada una reforzaba a la otra las hacía más plausibles de lo que habrían sido al ser consideradas por separado.

La hipótesis de Galileo del movimiento relativo también era apropiada. Sin embargo, a diferencia de la hipótesis telescópica, no fue propuesta para explicar hechos nuevos. ¿Cómo pretendía Galileo volverla persuasiva? Feyerabend dice que utilizó la propaganda. Desde hacía mucho tiempo se sabía que en unos cuantos casos el movimiento compartido es inobservable. Por ejemplo, si dos barcos salen del puerto a la misma velocidad, un observador situado en un barco no puede ver moverse al otro, sino que sólo puede ver cómo se aleja la línea de la costa. Estos casos habían sido considerados como excepciones a la ley general de que todo movimiento es observable. Con el fin de hacer convincente su hipótesis, Galileo tuvo que afirmar que las excepciones eran en realidad la regla. Procedió así, dice Feyerabend, por medio de "estratagemas psicológicos". En el diálogo que justifica el principio del movimiento relativo, hizo que uno de los dialogantes utilizara una diestra retórica para convencer al otro de una falsedad palpable, a saber, que la gente un tiempo aplicó el principio a todos los casos del movimiento pero que simplemente ha olvidado que procedió así,

⁴⁸ *Against method*, p.p. 22-26.

⁴⁹ *Problems of empirism*, part II, p. 294.

así como (de acuerdo con Platón), el muchacho esclavo ateniense había olvidado el conocimiento que Sócrates extrajo de él. Aunque el principio del movimiento relativo es cierto, dice Feyerabend, Galileo no lo justifica por medio de argumentos nuevos ni de hechos nuevos sino tan sólo por la falsa afirmación, vuelta persuasiva por los artificios retóricos y la apelación a la autoridad de Platón, de que observamos el principio sin darnos cuenta.⁵⁰

Feyerabend también hace ver a los científicos la urgencia de “proliferar teorías”. Lo que más necesita la ciencia, dice, es un número creciente de teorías nuevas, especialmente teorías comprensivas, revolucionarias que proporcionen tanto un nuevo punto de vista y (como veremos) una “experiencia” nueva de una amplia diversidad de fenómenos. Las antiguas teorías son descartadas por sucesos que las refutan. Para encontrar con rapidez tales sucesos, debemos proponer y someter a prueba teorías nuevas que los predigan. Consideremos la refutación de la segunda ley de la termodinámica por el fenómeno del movimiento browniano⁵¹ (la agitación al azar de pequeñas partículas suspendidas en un líquido en equilibrio térmico).⁵² Este fenómeno había sido una anomalía arraigada desde hacía tiempo para la termodinámica, que predice que tales partículas no crearán presión osmótica alguna. Con todo, la refutación no fue demostrada hasta que Einstein, en 1905, dedujo la existencia y la magnitud del movimiento browniano de la teoría de la mecánica estadística, y Jean Perrin, en 1910, confirmó esto experimentalmente. En resumen, donde Kuhn permitiría a una teoría descubrir las anomalías que a fin de cuentas la de-

rumbarán, Feyerabend afirma que la ciencia normal es demasiado lenta. Para multiplicar el número de hechos refutadores, debemos proceder contrainductivamente contra una teoría establecida con tantas teorías nuevas como podamos.

Feyerabend sostiene que una teoría nueva reclasifica los sucesos antiguos de manera que reflejen sus supuestos. Cuando una teoría ampliamente comprensiva (una teoría “universal” o “cosmología”)⁵³ reclasifica los hechos, también “recrea experiencia”. Cuando Galileo reclasificó todo el movimiento visible como un movimiento relativo, llevó a los científicos que aceptaban esta doctrina, y finalmente al público educado, a experimentar tal movimiento como relativo al movimiento de la Tierra más bien que como una parte de él. Así, dice Feyerabend, la teoría de Galileo cambió la experiencia humana al llevar a la gente a observar un fenómeno, en este caso el movimiento visible, en una forma diferente. Por lo tanto concluye Feyerabend, no existe una “experiencia estable e incambiable” común a todos los hombres a lo largo de la historia.⁵⁴

CRÍTICA DE FEYERABEND

Feyerabend afirma que está empeñado en demoler la doctrina de la ley y el orden de la ciencia. Niega que la ciencia sea racional y no ofrece teoría alguna del desarrollo científico. Sin embargo, como parte de su credo liberacionista para la ciencia ha adelantado diversas tesis que al mismo tiempo son explícitas y parcialmente verdaderas: por ejemplo, el que una teoría comprensiva reclasifica los hechos y recrea experiencia; que una nueva teoría comprensiva necesita datos nuevos y así nuevas ciencias auxiliares; que es razonable proceder contrainductivamente; que una teoría nueva necesita un espacio donde pueda alentar sin críticas y que las teorías deben hacerse proliferar.

Sin embargo, al postular el principio de “algo marcha”, Feyerabend es inconsistente. Según lo explica, el principio es suficientemente razonable: no existe una regla aislada que sea tan importante que pueda supe-

⁵⁰ Véase *Ibíd.*, p. 307: “Los métodos de reminiscencia a los que apela Galileo tan frecuentemente están destinados a cambiar la impresión de que no ha cambiado nada y continuamos describiendo nuestras observaciones por medio de los métodos antiguos y familiares.” Y en la p. 313: “porqué Galileo utiliza la propaganda; utiliza estratagemas psicológicas... Estas estratagemas alcanzan un gran éxito... Oscurecen el hecho de que la experiencia (esto es, de considerar todo movimiento observado como movimiento relativo) sobre la cual Galileo desea basar el punto de vista copernicano no es más que el resultado de su propia y fértil imaginación, que ha sido inventado. Oscurecen este hecho al insinuar que los resultados nuevos que surgen son conocidos y ocultados por todos y sólo necesitan ser presentados a nuestra atención para aparecer como las expresiones más obvias de la verdad”.

⁵¹ *Problems of empiricism*, in *Beyond the edge of certainty, Essays in contemporary science and philosophy*, ed. Robert G. Colodny, University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, vol. 2, Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1965, p.p. 174-175.

⁵² Este fenómeno fue advertido por primera vez en 1827 por el botánico escocés Robert Brown, quien observaba granos de polen en el agua.

⁵³ Estas teorías universales son teoría que nos ponen en concisiones de decir algo acerca de algo que existe en el mundo. Feyerabend en *Discussions at the conference on correspondence rules*, in *Analyses of theories and methods in physics and psychology*, ed. Radner and Winokur, p. 246. Son ejemplos la física aristotélica, la mecánica newtoniana, la termodinámica clásica y las teorías generalizada y especial de la relatividad. Véase *Ibíd.*, y *Problems of empiricism*, p. 23.

⁵⁴ *Problems of empiricism*, part II, p. 318-319.

rar a todas las demás en todas las situaciones. También afirma, con suficiente razón, que existen circunstancias en que resulta "aconsejable" proceder en forma contrainductiva, para promover una teoría contra el peso de la evidencia, hacer proliferar teorías y utilizar la propaganda y las hipótesis especiales.⁵⁵ Pero además de su estudio de Galileo, no especifica cuáles son estas circunstancias, y el caso de Galileo es demasiado excepcional para justificar las abrumadoras lecciones que Feyerabend extrae de él. Además, Galileo no era ningún anarquista. En lugar de improvisar, Galileo suspendía una regla: "convierte las anomalías a tu teoría en ejemplos confirmadores", en favor de otra: "ignora por lo menos algunas anomalías si piensas que tu teoría es verdadera".

Feyerabend dice en efecto que el científico puede seguir "contrarreglas", o no, según le plazca. Aunque la proliferación de teorías es "el único método que resulta compatible con un punto de vista humanitario", el científico necesita adoptar la regla sólo si desea proceder así. En esta forma, dice Feyerabend, "un científico que desea aumentar al máximo el contenido empírico del punto de vista que sostiene y que desea comprenderlas lo más claramente posible debe por lo tanto introducir otros valores; esto es, debe adoptar una metodología pluralista". Todavía en forma más decidida, declara que el "anarquista epistemológico" no tiene compromisos firmes de ninguna índole salvo su oposición a las normas universales: "Sus pretensiones permanecen estables, o cambian como resultado de la discusión, o del fastidio, o de una experiencia de conversión, o para impresionar a una dama, etcétera... Su pasatiempo favorito es confundir a los racionalistas al inventar razones apremiantes en favor de doctrinas irrazonables." Ciertamente, Feyerabend aclara que su pretensión predominante es "ridiculizar a los racionalistas". Aconseja a sus lectores recordar siempre que "las demostraciones y la retórica utilizadas no expresan ninguna profunda convicción mía. Tan sólo muestran cuán fácil resulta llevar a la gente de la nariz en una forma racional".⁵⁶

Esto es "algo marcha" con una vindicta, porque con esta observación Feyerabend socava la posición razonable que había asumido anteriormente. Si el científico anarquista tiene derecho a proceder como le plazca, ¿por qué debe ser "aconsejable" para él proceder contrainductivamente? Si desea " impresionar a su dama" al adherirse a una teoría establecida o al contraatacar a Feyerabend, ¿por qué no debe hacerlo?

Aparentemente, Feyerabend desea asir los dos extremos. Postula la libertad completa para el científico,

pero también recomienda determinadas "contrarreglas" como dignas de seguirse. La contradicción entre estas proposiciones está oculta, porque Feyerabend no especifica las situaciones en las que podrían aplicarse las contrarreglas. De nuevo, al someterse a reglas de alguna clase Feyerabend implica que *no* es razonable para el científico hacer *siempre* lo que desea. Pero también implica que el científico puede utilizar estos principios como le plazca y por lo tanto que es razonable para él hacer cualquier cosa que desee.

¿Qué habrá concluido Feyerabend? Para ser consistente, deberíamos haber llegado a la conclusión que diferentes reglas se aplican en situaciones diversas y que no existe una regla que se aplique universalmente. Debió haber sostenido que todas las reglas particulares siguen siendo opcionales, que cualquier regla particular por lo general vale la pena de ser seguida en un determinado tipo de situación sin que sea obligatorio, y que corresponde al científico decidir individualmente cuáles reglas están mejor adaptadas a su situación.

Así mismo, Feyerabend llega al extremo al hablar en favor de proceder contrainductivamente y de hacer proliferar teorías con exclusión de otras posibilidades.⁵⁷ Algo así como la ciencia normal kuhniiana, ocurre en ocasiones y en ocasiones se justifica. Pero Feyerabend no explica la ciencia normal ni la justifica bajo ninguna circunstancia. Pero seguramente era razonable para la mayoría de los científicos proseguir la investigación en la mecánica bajo la tradición newtoniana hasta mediados del siglo XIX. También habría sido razonable por lo menos para algunos científicos el haber trabajado en teorías alternativas a la mecánica durante la hegemonía newtoniana. Si se hubiera procedido así, y si alguna de esas teorías hubiese anticipado la relatividad de Einstein, la teoría de Newton habría sido superada más pronto. Lo que Feyerabend no admite es que: (1) una teoría comprensiva puede ser buena y puede guiar correctamente a la masa de la investigación en un campo durante un tiempo considerable, y (2) tal situación es perfectamente compatible con, por lo menos, una cierta proliferación de teorías alternativas.

La proliferación de teorías es admirable en campos tales como la física de partículas que desbordan de hechos pero carecen de una teoría exitosa que las explique, y en

⁵⁵ Feyerabend, *Against method*, p. 23.

⁵⁶ *Ibid.* p.p. 46, 30, 189, 32.

⁵⁷ Véase Gary Gutting sobre la solución de Max Planck al problema del cuerpo opaco en "Conceptual structures and scientific change", *Studies in history and philosophy of science*, donde aparece un estudio del caso de un científico revolucionario que no procedió contrainductivamente sino que utilizó métodos conocidos para resolver un problema conocido y predecir hechos conocidos.

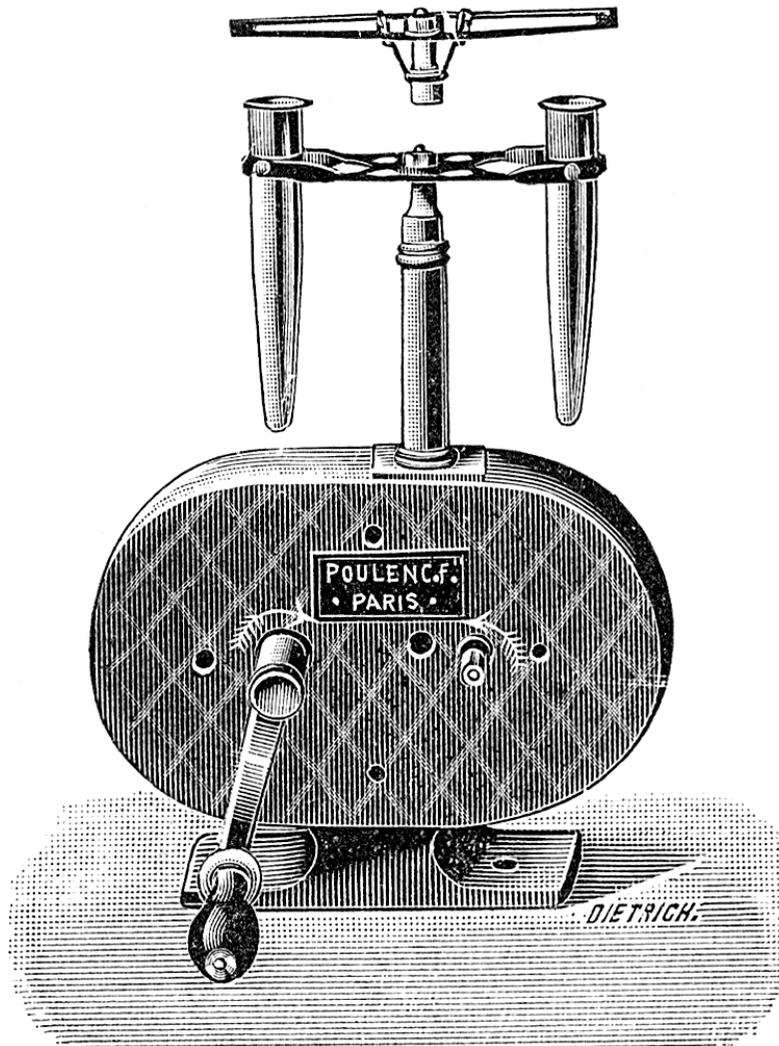
campos que contienen serias anomalías. Pero a menudo puede resultar sencillamente muy costoso. Las comisiones de otorgamiento de fondos deben decidir cuál teoría respaldar; cuando la teoría A, es técnicamente tan onerosa que las teorías B y C, deben ser abandonadas si se escoge A o, cuando la teoría A predice muchos hechos nuevos pero sus pruebas resultan muy costosas, en tanto que la teoría B requiere poco aparato, pero en otro sentido es mucho menos prometedora. Feyerabend en ninguna parte considera las restricciones financieras a la investigación.

Finalmente, para bien o para mal, las teorías científicas alteran nuestra "experiencia" menos de lo que considera Feyerabend. En la vida ordinaria no percibimos el movimiento de los objetos como la parte relativa de un movimiento más inclusivo, aunque podemos hacerlo así ocasionalmente. De nuevo, a pesar de la mecánica del *quantum*, todavía experimentamos al mundo como poblado por objetos sustanciales con propiedades estables. La gente cuya experiencia ha

cambiado por una teoría, está formada principalmente por los científicos que trabajan con ella.

BIBLIOGRAFÍA

- Feyerabend P.K. *Against method*, London, New Left Books, 1975.
- Kuhn T.S. *The structure of scientific revolutions*, Chicago, University Press, 1970. La traducción al español esta editada por el Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos I., Musgrave A., *Criticism and the growth of knowledge. Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, Cambridge, University Press, 1970.
- Laudan L. *Progress and its Problems: Toward a theory of scientific growth*, Berkeley, University of California, 1977.
- Nagel E., *The structure of Science: Problems in the logic of scientific explanation*, New York's Hacourt Brace, 1961.
- Popper K.R., *Conjetures and refutations: the growth of scientific knowledge*, London, Routledge, 1972



Estudios sociales de ciencia y tecnología¹

El propósito del presente capítulo es examinar la ciencia como una institución del mundo moderno. Esto significa que debemos aplicar el método científico a la ciencia en la misma forma, por ejemplo, que un biólogo podría describir y analizar un organismo, es decir identificando sus características sobresalientes, las condiciones del medio ambiente que favorecen su crecimiento, y los patrones de comportamiento por los que puede predecirse su desarrollo futuro. En las primeras secciones del capítulo nos referiremos por lo tanto a los elementos de la ciencia que pueden ser “medidos”; los rasgos que se dice dan a la empresa científica, su cohesión interna; y los procesos por los que crece el conocimiento científico. En los últimos apartados del capítulo se describe una nueva escuela dinámica de sociología de la ciencia que originalmente surgió de una investigación de sus relaciones con la tecnología, y también se consideran asuntos de enorme importancia práctica en el mundo moderno: las aplicaciones industriales y militares de la ciencia y su impacto consecuente en periodos económicos.

ASPECTOS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LA CIENCIA

Cualquier intento de una “ciencia de la ciencia” tenderá a destacar aspectos que pueden ser analizados y medidos objetivamente. Los tipos de parámetros tomados como medida de la ciencia pueden incluir la cantidad de personas que la practica, la suma de dinero gastada en ella, o la cantidad de “conocimiento” que produce. Podría esperarse que cualquiera de estos datos ofreciera una idea de cómo creció la ciencia en el pasado y, quizá por extrapolación, cómo puede esperarse que crezca en

el futuro. Es, por lo tanto probable que se consideren importantes para aquellos a quienes concierne la política de la ciencia.

Crecimiento exponencial

El trabajo de mayor influencia de este tipo ha sido el de Derek de Solla Price, iniciado en la década de los cincuenta y recopilado en su ampliamente citado libro *Little science, big science* (1963). La primera así llamada “ley” que surgió de los estudios de Price fue que el crecimiento de la ciencia ha sido exponencial (figura 1).

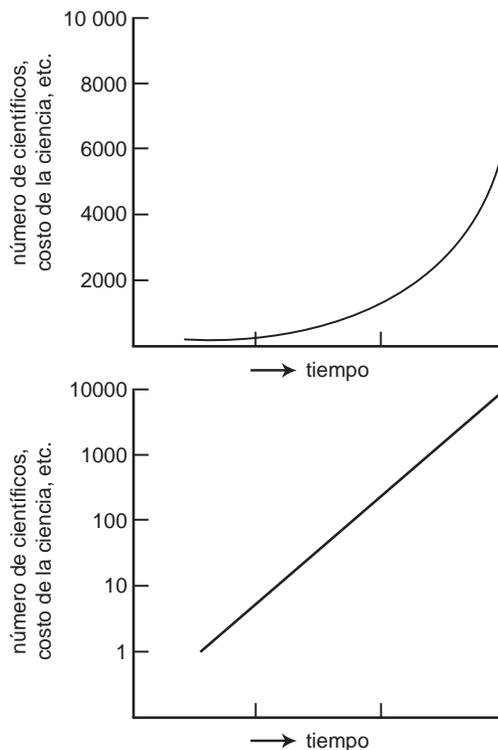


Figura 1. Crecimiento exponencial, trazado linealmente y en forma semilogarítmica.

¹ Richards, S. (1987) *Filosofía y sociología de la ciencia*, Siglo XXI Editores, México, pp. 111-157.

Nuestro punto de partida será la evidencia empírica estadística obtenida de muchos indicadores numéricos de los diferentes campos y aspectos de la ciencia. Todos éstos muestran con impresionante congruencia y regularidad que si cualquier segmento de la ciencia suficientemente amplio es medido en una forma razonable, la que sea, el modo normal de crecimiento es exponencial. Eso quiere decir que la ciencia crece a interés compuesto, multiplicándose por una cantidad fija en iguales periodos.

Debe subrayarse que un crecimiento de este tipo no es de ningún modo propio de la ciencia; sin embargo, sí es lo que podría esperarse, porque es una característica común de multitud de fenómenos, incluyendo los inorgánicos (por ejemplo, la velocidad de una reacción química ante la elevación de la temperatura), los biológicos (cantidades de bacterias de moscas de la fruta o de gente en una población reproduciéndose libremente) y la social (productos internos brutos de las naciones).

Lo que es de especial importancia respecto al crecimiento exponencial de la ciencia, es el corto plazo que se requiere para duplicar la cantidad cuando ésta se mide en cualquier forma razonable. Por ejemplo, mientras que el tiempo de duplicación de la población mundial ha sido aproximadamente de 50 años, y el producto nacional bruto de un país ha sido típicamente de alrededor de 20, las publicaciones científicas o las membrecías de instituciones científicas se han duplicado en periodos de casi 15 años. Price examinó las revistas científicas con particular detalle. Desde la primera aparición del *Philosophical Transactions of the Royal Society* en 1665, el número de publicaciones se ajusta a la curva exponencial casi exactamente (figura 2). Con un periodo de duplicación de 15 años, el número de duplicaciones ha crecido con un factor de 100 cada siglo, de manera que por cada periódico publicado en 1665, había un orden de 100 en 1765, 10 000 en 1865 y 1 000 000 en 1965 (pero véase la siguiente sección).

Durante cada intervalo de 15 años aparecerán de nuevo tantos científicos como los que hubo en todo el periodo precedente de crecimiento. Aún más, ya que el científico típico tiene una vida de trabajo equivalente a tres de estos periodos de duplicación (45 años), siete científicos vivirán (1+2+4) al final de su carrera por cada ocho que hayan vivido (esto es, el 87.5%). Price llama a este fenómeno el *coeficiente de intermediación* de la ciencia; aun si el periodo de duplicación variara de 15 a, digamos, 10 años, o bien a 20, el coeficiente de intermediación podría variar solamente de 96 a 81% respectivamente. Es por lo tanto este corto periodo de duplicación lo que proporciona a la ciencia su voraz crecimiento; en comparación con la población humana, podemos decir

que mientras que la gran mayoría de los científicos que han vivido en el periodo anterior siguen vivos, la mayoría de la gente que ha vivido su periodo (50 años) ya ha muerto.

Hablando en forma general, el crecimiento de la ciencia ha sobrepasado completamente el de la población; cada duplicación de esta última ha ido acompañada de aproximadamente tres duplicaciones de la primera. Sin embargo, en este punto son necesarias dos advertencias preparatorias. La primera es que la intermediación de la ciencia moderna no es nada nueva. Es meramente el resultado de 300 años de crecimiento exponencial. Como lo expresa Price: "La ciencia siempre ha sido moderna: siempre ha sido explosiva para la población [...] Los científicos siempre se han sentido flotando en un mar de literatura científica." Al comparar esto con la historia de otras actividades humanas, como la política o la guerra, debe tomarse como sugerencia que la historia de la ciencia debe concentrarse en el trabajo de la generación previa, una situación que sin embargo está muy lejos de ser el caso. Algunas de las razones para la enorme importancia que se atribuye al estudio del siglo XVII son probablemente claras para el lector que nos haya seguido hasta aquí.

La segunda advertencia preparatoria concierne a la generalidad de la ley del crecimiento exponencial. Aun

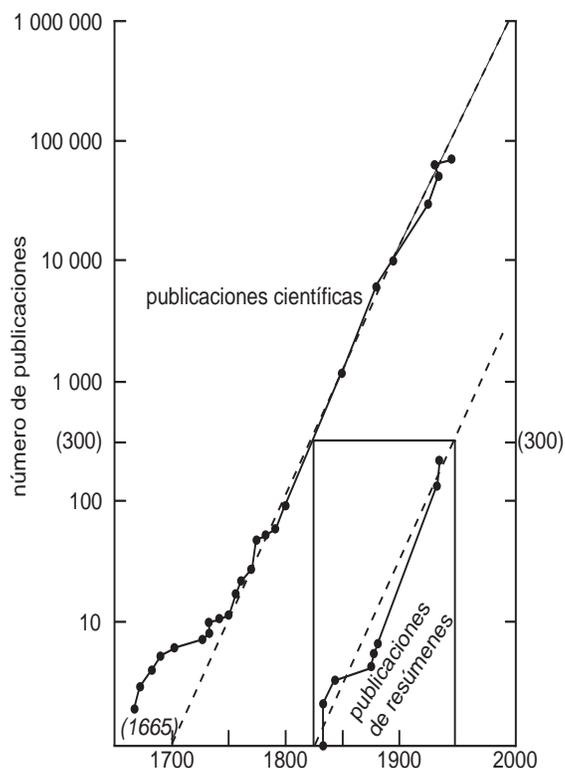


Figura 2. Crecimiento exponencial de las publicaciones científicas desde el siglo XVII.

suponiendo que podemos superar satisfactoriamente problemas tales como decidir *quién* debe ser considerado científico, o *qué* debe calificarse como publicación científica, debe reconocerse que el enfoque estadístico pronto se viene abajo cuando se aborda cualquier cosa significativamente menor que una perspectiva "global". Se sabe, por ejemplo, que ha habido tasas de crecimiento muy diferentes entre distintas ramas de la geología y de la física. También es cierto que el crecimiento de la ciencia como un todo ha variado enormemente en diferentes países, en donde han influido factores históricos especiales. Si la producción de publicaciones científicas se toma como medida de comparación, sucede que la Unión Soviética, contribuyó con menos del 1% del total mundial en 1910, pero con el 18% hacia 1960. Durante el mismo periodo los países del *Commonwealth* británico contribuyeron con un constante 13-15%, mientras que la contribución de Alemania descendió del 40 al 10%. Estas discontinuidades introducen una nota preventiva, y quizá saludable para los involucrados en asuntos de decisión en la política de la ciencia. Las persuasivas curvas de Price ocultan un grado muy significativo de cierre promedio; dentro de las ciencias aisladas y dentro de países determinados, no hay nada inevitable sobre el curso del "progreso", esto es, nada que no pueda ser influido por juicios políticos. Consecuentemente hay graves riesgos en cualquier intento de tratar las curvas exponenciales como "leyes" genuinas mediante las cuales el futuro puede ser determinado.

Con esta salvedad importante, sigue siendo cierto sin embargo que si el carácter exponencial *total* del crecimiento científico tiene algunas de las propiedades de una ley, nos ayuda al entendimiento de la institución de la ciencia si no se trata únicamente de una ley empírica, sino de una pequeña cantidad de apoyo teórico. Al igual que sucede con un proceso de crecimiento biológico, la explicación del crecimiento científico debe establecerse en términos de dos factores, su "vitalidad" interna y su medio ambiente externo. Por una parte la vitalidad de la ciencia se deriva del hecho de que las respuestas a las preguntas planteadas por la investigación científica plantean por sí mismas nuevas preguntas; la ciencia por lo tanto tiene la capacidad para generar investigaciones de amplitud siempre creciente y el potencial para una aceleración interminable. Por otra parte el medio ambiente externo de la ciencia es, claro está, la sociedad dentro de la cual opera y con la cual interactúa. Un medio ambiente social desfavorable puede inhibir, y hasta estrangular, a la ciencia antes de que su propio ímpetu produzca la retroalimentación positiva que entonces influye en los acontecimientos para ventaja suya. La influencia necesariamente positiva puede descubrirse en el siglo XVII en

el continuamente expansivo papel cultural de la ciencia como un sustituto de la religión. De esta manera, mientras más se llegaba a entender el mundo en términos científicos, más necesidad se tenía de la educación científica y más se consideraba al progreso humano como función del avance científico. Con el surgimiento de la industrialización, la ciencia se convirtió en componente vital del comercio y de la guerra, cambiando la naturaleza misma de la sociedad y haciéndose indispensable para la vida moderna. En esta forma fue la ciencia la que creó las condiciones necesarias para su propio crecimiento continuo.

LA CURVA LOGÍSTICA

Sólo se precisa una mirada sobre la figura 1 para darse cuenta de que el crecimiento exponencial no puede continuar siempre. Si, como lo demuestra Price, la ciencia ha crecido en cinco órdenes de magnitud en 150 años, es claro que no puede continuar haciéndolo. Si creciera en otros dos órdenes de magnitud, tendríamos (digamos a mediados del próximo siglo) "dos científicos por cada hombre, mujer, niño y perro de la población". Lo que sucede en la práctica es que el crecimiento exponencial alcanza un tipo de límite "natural" (en el caso de la ciencia, la insuficiencia de recursos y mano de obra) y la curva de crecimiento, en vez de elevarse inexorablemente en pendiente, principia a achatarse con la inminente saturación. Esta forma de *S* es conocida como curva logística, de la cual la curva exponencial es sólo una parte (figura 3). Nuevamente, no es peculiar de la ciencia, pero describe exactamente el crecimiento de las poblaciones biológicas a través del tiempo, o el de una planta particular con la edad. Al compararla con el desarrollo de un tallo de frijol, Price sugiere que el largo periodo de crecimiento exponencial de la ciencia es semejante a su exuberante fase juvenil. Sin embargo, actualmente la ciencia está principiando a entrar en una fase más estable de vida adulta, La tran-

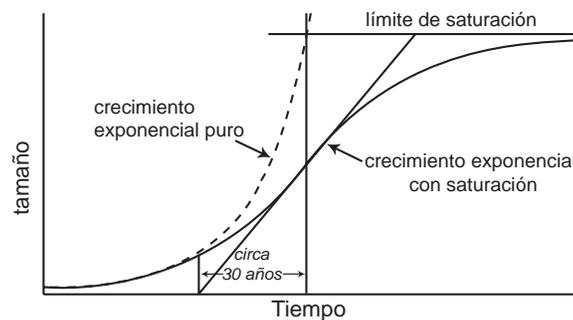


Figura 3. La curva logística.

sición del crecimiento exponencial puro al crecimiento exponencial con saturación (véase, la figura 3) es de crisis prolongada y, según los datos de Price, estamos ahora, en 1980, acercándonos al punto medio de esta crisis que se extiende por cerca de una generación a cada lado del punto de inflexión de la curva. Su descripción de las características del periodo de crisis (escrita a principios de los años sesenta) toca ahora un asunto familiar:

Habrà un interés rápidamente creciente sobre problemas como los de mano de obra, literatura y desembolso, que requieren solución por medio de la reorganización. Aún más, a medida que esos cambios tengan éxito conducirán a una fresca escalada de adaptación y crecimiento rápidos. Los cambios que no sean eficientes o lo suficientemente radicales para causar esa renovación conducirán a una cacería, produciendo violentas fluctuaciones que quizá finalmente se aminoren.

En vista de los 300 años en los que la ciencia se conforma como un todo a la curva de crecimiento exponencial, parece que la desaparición de este patrón (saturación) que empezó a ser claramente perceptible en los años sesenta, indica algo radicalmente nuevo en la ciencia moderna. En los términos de Price, señala la transición de la pequeña ciencia —la que realizan los individuos o pequeños grupos de colaboradores— hacia la *gran ciencia* —la de las gigantescas organizaciones de investigación, trabajando con grandes grupos de científicos en programas planeados a largo plazo—.

La experiencia de trabajar en la gran ciencia es muy diferente de la muy antigua tradición del pionero solitario. Y ya que la gran ciencia se encuentra en su primera generación, es inevitable que la mayor parte de su personal haya sido entrenado, y se le hayan comunicado expectativas, en la atmósfera del viejo estilo. Esto puede ser una de las principales causas de tensión dentro de la gran ciencia, ya que provoca conflictos de lealtad entre subculturas demasiado diferentes. El científico de viejo estilo no acepta de inmediato las nuevas demandas de la burocrática administración de investigación y dirección, viéndose inclinado a creer que la atmósfera de “banda transportadora” del grupo de investigación, en la que cada individuo no hace más que su propia tarea limitada, es incompatible con la libertad individual, la originalidad y la realización. Más aún, siente que en las manos de sus sucesores —aquellos que no han experimentado el tradicional entrenamiento de oficio del científico joven— la ciencia misma puede perder su incomparable lógica interior, y que su independencia imaginativa y crítica

está siendo empantanada por una cada vez más próxima identificación con las “misiones” de la industria.

Estos graves problemas de nuestro actual periodo de crisis, dice Price, deben ser considerados, no obstante, como “el principio de nuevas y excitantes tácticas para la ciencia, operando con reglas básicas completamente nuevas”. La curva logística sugiere nuevas oportunidades para un futuro desarrollo, de manera que la actual gran ciencia puede mostrarse como un “breve interludio entre los siglos tradicionales de la pequeña ciencia y el inminente periodo que sigue a la transición. Si esperamos disertar con estilo científico sobre la ciencia, y planear en consecuencia, deberíamos llamar *ciencia nueva, o saturación estable* al periodo que se avecina; si no tenemos esa esperanza, deberíamos llamarlo senilidad”.

La élite científica

En las dos secciones previas nos dedicamos exclusivamente a los aspectos cuantitativos de la ciencia como un todo. Pero la ciencia es en última instancia el trabajo de científicos individuales, y como individuos parece no existir razón para que no se comporten en una forma muy semejante a la de los demás miembros de cualquier grupo de seres humanos. ¿Hay pues algunas formas válidas con las que se pueda juzgar la *calidad* de los científicos?

Según Price, “la brecha entre un ganador del premio Nobel y una persona corriente es bastante mayor que entre un ganador de una medalla olímpica de oro y un mortal ordinario”. Dentro de la ciencia misma, un método de valoración admitidamente burdo pero no por ello menos enteramente subjetivo, podría hacerse en términos del número de documentos publicados. Sobre esta base, la “productividad” o el “logro” varía por un factor de 1000:1, puesto que el científico más prolífico resulta ser el matemático británico Arthur Cayley (1821-1895), con 995 artículos (22 al año ¡durante 45 años!), mientras que para garantizar el título de “científico” debemos razonablemente decidir que es necesario haber publicado al menos uno. Claro está, se podría decir que estos medios de valoración dan por admitida la misma cuestión que aseguran resolver, porque hacen caso omiso de la *calidad* de los documentos producidos mientras que, dados los problemas inherentes a cualquier valoración semejante, una variación de productividad de este orden se cree que puede aplicarse igualmente a otras formas de actividad creativa. Si bien la cantidad de material publicado no es un indicador infalible de la calidad del creador, los creadores de una calidad ampliamente aceptada son típicamente prolíficos.

La investigación del número de documentos científicos publicados muestra, de hecho, que hay una

distribución desigual entre la población total de científicos. Contrariamente a lo que se esperaría sobre una distribución estadística *normal* en la que la mayoría de los científicos produjeran un número de documentos cercanos a la media, resulta que una pequeña *élite* (cerca del 6%) de científicos produce la mitad de todas las publicaciones sobre ciencia, y el 1% de ellos producen casi la cuarta parte. Los pocos de la élite —Price estima que no son más de la raíz cuadrada del número total de científicos practicantes— constituyen el centro creativo de lo que a menudo se llama “colegio invisible” de individuos que realmente se interesan en el progreso de una disciplina dada.

El hecho de que existan estos colegios invisibles tiene relación con la en cierto modo traumática transición de la pequeña a la gran ciencia discutida en la sección previa. Hemos visto que una tendencia característica dentro de la gran ciencia es la aparición del grupo de investigación. Cuando la investigación es realizada por grupos y no por individuos, el trabajo que se publica aparece bajo los nombres de numerosos autores en vez de los uno o dos que era casi universal antes del presente siglo. Aunque la tendencia hacia la paternidad literaria múltiple se inició antes de la era de la gran ciencia, se ha convertido en regla en años recientes en áreas como las de la energía física. Ahora es común encontrar, hasta dos y tres *docenas* de autores listados, como responsables de un documento, fenómeno que no sólo revela cuán desafortunado era el registro de publicaciones en la época anterior, sin ninguna esperanza de aplicación valorativa a los méritos de los individuos, sino que también mina seriamente las bases más sutiles, aunque subjetivas, de esos juicios. La colaboración de grupo en la investigación está, de hecho, tendiendo a exagerar todavía más la discrepancia entre la minoría de los científicos eminentes en los colegios invisibles y la masa de científicos que son mínimamente productivos. Esto se debe a que el primer grupo puede aumentar su producción todavía más, dirigiendo grupos de investigación, mientras que los últimos caen al plano de autores “fraccionarios”, quienes producen no más de una enésima parte de un documento.

La gran ciencia, la investigación en equipo y la múltiple paternidad autoral, parecen entonces estar minando el papel tradicional del documento científico que ha sido edificado durante tres siglos. Aun el instrumento más reciente de comprobación de “calidad”, el *índice de citas científicas* (que, claro está, no fue ideado teniendo en mente algún propósito siniestro) puede ser de valor limitado a este respecto. El índice proporciona la lista, a continuación de un escrito determinado, de todos los documentos posteriores que lo citan en sus bibliografías. En principio, la frecuencia con la que se refieren a tal es-

crito las publicaciones subsecuentes permite hacerse una idea de la importancia que ha ganado. No es necesario decir que hay innumerables problemas de interpretación en este aparentemente simple procedimiento, ya que, hay numerosas y muy diferentes razones para citar un escrito particular en relación con el trabajo propio, y de ninguna manera todas tienen que ver con su importancia científica. Ha habido muchos casos, por ejemplo, en los que un documento que abre nuevos horizontes ha sido pronto suplantado (y deja de citarse) por el impulso de nuevas publicaciones de las que él fue sustento, mientras que un documento que reporta únicamente el perfeccionamiento de una técnica es citado a menudo, casi en forma ritual, durante muchos años.

Mientras que la publicación de documentos científicos probablemente continuará siendo una guía útil para el crecimiento de la ciencia como un todo, puede declinar, sin embargo, como indicador valioso de los méritos de trabajos particulares. Éste es otro de los síntomas de la situación de crisis de la ciencia moderna. El aumento de los colegios invisibles, internacionales y muy móviles, dentro de cada una de las áreas mayores de investigación, ha convertido al documento científico tradicional en “un arte muerto o agonizante”, ya que la comunicación por contacto directo, de persona a persona es cada vez mayor. La función del documento de investigación se ha convertido ya en algo secundario en las áreas más dinámicas, porque el atraso en su publicación (que puede ser hasta de dos años) asegura que, para cuando aparezca, el documento no podrá más que confirmar lo que los miembros del círculo de la élite ya saben. Esta tendencia actúa para aumentar el poder de los colegios invisibles tanto dentro de la ciencia como entre la ciencia y las fuerzas sociales y políticas de su medio. Una situación tan excesivamente “no-democrática”, ya sea que se le considere natural o inevitable, produce obviamente un cúmulo de cuestiones importantes para la política y la educación científicas.

ASPECTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE LA CIENCIA

Además de los enfoques cuantitativos de la estructura de la literatura científica, han surgido otros dos temas importantes en la sociología de la ciencia. El primero en aparecer históricamente fue el concerniente a examinar las influencias “externas” sobre la ciencia o, quizá más exactamente, las relaciones recíprocas entre la ciencia y otras instituciones sociales. Este enfoque fue claramente asociado con los nombres de Karl Marx y Max Weber, y surgió de una tradición intelectual más amplia y más

temprana a la que ahora nos referimos como la sociología del conocimiento, una disciplina que exploró la influencia de las fuerzas sociales sobre los orígenes y el desarrollo de las ideas en general. La opinión de Marx era que el sistema de ideas identificado con una sociedad particular recibía una influencia mayor de la base económica de esa sociedad, o sea, de las condiciones económicas de vida prevalecientes. De esta manera era la posición del individuo en la estructura de clases, por ejemplo, la que determinaba ampliamente sus ideas y sus creencias. Weber, por otra parte, aunque no descontaba la importancia de factores puramente materiales, argumentaba que las ideas por sí mismas tienen también una importante función en la sociedad. Fue por esta razón por la que examinó el panorama mundial general, y el sistema de valores del protestantismo respecto a su impacto en el desarrollo de la economía capitalista en Europa.

El enfoque de Weber fue retomado y ampliado por otros sociólogos en varios estudios sobre las relaciones entre la ciencia y los valores religiosos o los sistemas políticos, muy especialmente quizás en la llamada "Tesis puritana" de Robert K. Merton, tal como la presentó en su *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (1938). Si bien Merton no identificaba explícitamente las influencias causales subyacentes al surgimiento de la ciencia moderna, claramente dejó sobreentendido que el grupo dominante de valores prevalecientes en esa época —en particular los que impulsaban la experimentación práctica—, aunque distintos de cualquier factor material, eran los principales responsables. La tesis de Merton encontró un campo tan fértil en el mundo académico occidental que fue, durante casi toda una generación, aceptada con muy poca crítica, estimulando además otros estudios de tipo semejante.

Sin embargo, y a pesar de esto, la tradición heredada por la más amplia sociología del conocimiento fue considerada por muchos eruditos como demasiado vaga para un análisis satisfactorio, de manera que la principal influencia de los primeros trabajos de Merton no se mostró como promotora del estudio "realista", aunque evasivo, de la ciencia como parte integral de una sociedad más amplia, sino más bien del análisis interno de una ciencia "idealizada", pero accesible, definida como un subsistema social más o menos independiente. Desde este enfoque los aspectos metodológico y cognoscitivo de la ciencia tienen mucho menos importancia que las normas de conducta de la gente que los llevan a cabo. Puesto que acentúa los trabajos internos de la ciencia como institución social —por ejemplo las características sociales de la organización de la ciencia y los propósitos

de los científicos hacia un marco teórico claramente entendido— el enfoque es a menudo denominado "funcionalista". Esto es, tiene relación con las fuerzas que funcionan para mantener el *status quo* del subsistema de la ciencia. El funcionalismo representa el segundo de los dos temas principales mencionados con anterioridad, y como ejemplos examinaremos brevemente el último trabajo de Merton mismo, y el de T. S. Kuhn, junto con la ampliación de sus ideas a cargo de W. O. Hagstrom y M. J. Mulkey.

El ethos de la ciencia

El trabajo del propio Merton, dentro de este segundo tema principal, constituye lo que algunos todavía consideran la única tradición madura en la sociología académica de la ciencia occidental aunque en años recientes ha sufrido incesantes ataques. Presenta una idea muy idealizada de la ciencia en términos de cuatro normas, o imperativos institucionales, de los cuales se dice que gobiernan la actividad científica. Estos imperativos han comprometido a los científicos no sólo porque son técnicamente eficientes como los mejores medios disponibles para lograr el fin primordial de hacer avanzar el conocimiento, sino también porque son considerados, como "correctos y buenos". En otras palabras, son en última instancia prescripciones morales.

El primer imperativo institucional de Merton es el del *universalismo*. Su propósito es garantizar que el nuevo conocimiento sea evaluado únicamente en términos de criterios objetivos e impersonales y que asuntos como los avances profesionales sólo sean determinados, por el talento. En esta forma, nos dice, "el procedimiento de Haber [para la preparación del amoníaco] no puede ser invalidado por un decreto de Nuremberg, ni puede un anglófono rechazar la ley de la gravitación". El universalismo está ligado a la más aguda tensión en épocas de conflictos internacionales, ya que es incompatible con valores como el etnocentrismo o el nacionalismo. Por otra parte, es patrocinado por la democracia, ya que ésta valora los logros sobresalientes en cualquier plano.

Comunismo es la segunda norma, entendida en el sentido de que los "bienes" de la ciencia —su cuerpo de conocimiento público— están sujetos a la propiedad común o pública, y no a la privada. La ciencia acumula el conocimiento por medio de su amplia labor de colaboración, y sus hallazgos son entregados a toda la comunidad. Como resultado, los únicos derechos de propiedad del científico individual son los de reconocimiento y estima, que se acumulan más o menos en proporción directa con la importancia de su trabajo. Por esta razón se considera que, las disputas sobre la priori-

dad del descubrimiento, fenómeno recurrente a través de la historia de la ciencia, se ajustan enteramente a los imperativos institucionales. El derecho a ser reconocido por un buen trabajo es absoluto. A la inversa, el secreto por parte de los científicos está prohibido. Es deber de cada uno de ellos comunicar sus descubrimientos a sus colegas, porque el fin institucional que está en la base de la ciencia es la expansión del conocimiento. En esta forma el científico debe actuar siempre por el bien común, ya que él mismo se ha beneficiado con los esfuerzos comunes de sus predecesores, tal como el mismo Newton reconoció en su famosa frase: "Si he logrado ver más allá, ha sido porque subí en hombros de gigantes." Y a pesar de la naturaleza competitiva de la ciencia, el "bien común se extiende desde los confines de cualquier laboratorio particular hasta la comunidad científica en su totalidad. Ésta es la razón del conflicto entre la idea de "descubrimiento" en la ciencia—algo que puede proporcionar distinción a un individuo o a su grupo, pero que sin embargo es accesible a todos— y la de "invento" en tecnología, en donde la premura por las patentes pone en evidencia derechos exclusivos de uso, o sea, la antítesis absoluta del comunismo.

El tercer elemento imperativo de Merton acerca del *ethos* científico es el *desinterés*, palabra con la que se quiere significar un interés profundo y desinteresado en el funcionamiento del mundo, un interés que surge simplemente del propio interés. Puesto que se espera que el científico haga sus descubrimientos accesibles al escrutinio público, hay por consiguiente poco campo para el fraude y la irresponsabilidad. En este importante sentido, el comportamiento de los científicos está sujeto a un rígido control institucional. Un rechazo del individuo a someterse a ello será condenado por el resto de la comunidad, obligándolo así a trasladar el desinterés a la práctica, sin importar qué motivos puedan operar veladamente. Aunque la ciencia comparte esta norma con otras profesiones, el científico tiene poco margen para explotar la ignorancia o la credulidad del lego, lo cual no sucede con, digamos, la medicina o el derecho. Como resultado, la ciencia y los científicos han gozado tradicionalmente de un estatus de reputación y de conducta ética particularmente elevado.

El último imperativo institucional es lo que Merton llama *escepticismo organizado*. Evidentemente éste se interrelaciona con los otros y, en realidad, es una parte fundamental de la metodología científica misma. Es este elemento el que muy a menudo pone a la ciencia en conflicto con otras instituciones sociales, como la Iglesia y el Estado, ya que la ciencia "no preserva la división entre lo sagrado y lo profano, entre lo que requiere respeto sin crítica y lo que puede analizarse objetivamente".

Control social dentro de la ciencia

En la obra de Merton la cuestión de la desviación de las normas planteadas por el *ethos* científico fue poco examinada porque se consideraba muy poco usual. Asimismo, la cuestión de la motivación fue ampliamente ignorada. En una extensión directa del marco teórico de Merton, W. O. Hagstrom ha destacado sin embargo estos dos aspectos en su estudio empírico sobre los científicos académicos. Al reconocer un comportamiento divergente, pudo acentuar aquellas condiciones institucionales que tienden a minimizarlo. Para Hagstrom, la motivación sobresaliente de los científicos puros es el deseo de reconocimiento de sus compañeros, y para lograrlo ofrecen "obsequios" o "contribuciones" a la comunidad científica en forma de información publicable. Se dice que esto es un intercambio de información en busca de reconocimiento en el núcleo de la institución de la ciencia pura.

Mientras que la naturaleza de la información ofrecida será determinada por el *ethos* de la ciencia, el reconocimiento buscado puede llegar en varias formas. En primera instancia aparece por medio de la publicación de documentos en las revistas especializadas: "el prestigio como científico puede alcanzarse sólo por medio de esos obsequios". La aparición de documentos indica que se han alcanzado los estándares de la comunidad, ya que las mejores revistas científicas publican únicamente una proporción cuidadosamente seleccionada de los textos que se les ofrecen. Más aún, y más tangiblemente, el reconocimiento puede venir bajo la forma de inclusión en sociedades de especialistas, de oportunidades para asistir a conferencias tanto en su país como en el extranjero y, por último, para los pocos selectos y afortunados, quizás de una membresía en las grandes academias científicas, o hasta un premio Nobel.

Si el intercambio de información para obtener reconocimiento obra como se intenta, dentro de la atmósfera "pura" de la investigación académica, no debe ser corrompido por influencias del exterior. Esas influencias pueden incluir otros sistemas de intercambio (en competencia) identificados por los sociólogos, como los que implican presiones políticas o económicas. Digamos, por ejemplo, que si un diario científico manejado por un editor comercial y no por una sociedad culta (hay muchos diarios de este tipo) intentara disminuir sus estándares de arbitraje únicamente con el propósito de aumentar la *participación* de la disciplina en cuestión y con objeto de aumentar sus ventas, podría atraer documentos por una razón ajena a la ciencia, mientras que los científicos rápidamente buscarían este conducto para impulsar su reconocimiento. Una corrupción semejante del sistema

de intercambio científico prostraría el *ethos* de la ciencia y debería ser considerado en términos de la participación de factores no deseados ajenos a la ciencia misma. Según el punto de vista ortodoxo, el *ethos* de la ciencia pura puede mantenerse mientras opere únicamente con factores internos, esto es, mientras sea totalmente autónoma.

Hagstrom considera que la función del sistema de intercambio es "interiorizar" los valores del *ethos* científico. Esto se logra preservándolos de influencias corruptas de factores externos, específicamente premiando la concordancia y castigando la desviación. Una buena cantidad de concordancia queda siempre asegurada por el prolongado proceso de *socialización* por el que los científicos deben pasar durante su formación, pero únicamente el sistema de intercambio puede eliminar cualquier desviación que todavía suceda. Al igual que Merton, Hagstrom acentúa la frecuencia de las disputas de prioridad como evidencia de apoyo para su teoría, ya que es aquí donde la competencia por el reconocimiento es más aguda. Sin el reconocimiento de la prioridad, el sistema de incentivos se vería amenazado, ya que el fuerte deseo de ser reconocido es lo que induce a los científicos a emprender la tarea de poner por escrito sus resultados, en conformidad con la norma esencial del comunismo.

El deseo de reconocimiento induce al científico no sólo a comunicar sus resultados; también influye en la selección de problemas y de métodos. Tenderá a seleccionar problemas cuya solución traerá un mayor reconocimiento, y tenderá a seleccionar los métodos que harán aceptable su trabajo a sus colegas.

Es así dice Hagstrom, como se establece la "diferenciación de disciplinas", siendo la creación de especialidades el medio más efectivo para evitar la competencia intolerable por premios limitados. Semejante dispersión puede llevar al aislamiento, tanto geográfico como social, y Hagstrom hace una analogía con la conducta competitiva en el mundo orgánico, en donde la especialización de los científicos sería equivalente, a la división por especies en la naturaleza. La especialización es el medio ambiente para el que los especialistas parecen más aptos, y el cual determina ampliamente su comportamiento. Para poder entender el comportamiento científico es, por lo tanto, esencial tener una apreciación de las especialidades particulares. En esto la idea de Hagstrom, lejos de un interés exclusivo en las normas mertonianas, refleja la influencia de los modernos historiadores de la ciencia que se esfuerzan en identificar aquellas características del conocimiento científico que inducirían el cambio, y no tanto las fuerzas sociales que actúan en el proceso. En pocas palabras, están interesados en cómo crece la ciencia.

Procesos sociales de innovación

Ya hemos visto que el libro de T. S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, ha sido aclamado como una importante piedra de toque intelectual que posee la máxima aplicación. Esto lo confirma el hecho de que su influencia en la sociología de la ciencia ha sido quizá mucho mayor que en la filosofía. La obra de Kuhn ha proporcionado una penetración nueva y más sutil en los procesos internos de la ciencia que tienen relación tanto con su estabilidad como con su crecimiento. Ya que hemos discutido sus ideas principales, nos limitaremos ahora únicamente a relacionarlas con otros estudios sociológicos.

De acuerdo con la tradición de Merton, el conocimiento científico se acumulará en virtud de su conformidad con las normas institucionales. Sin embargo, para Kuhn:

[...] una investigación afortunada demanda un profundo compromiso con el *status quo* [aunque] la innovación continúa siendo el núcleo de la empresa. Los científicos son *entrenados* para operar como solucionadores de enigmas a partir de reglas establecidas, pero también se les enseña a considerarse a sí mismos como exploradores e inventores que no conocen otras reglas excepto las que dicta la naturaleza misma. El resultado es una tensión —que se da en parte dentro del mismo individuo y en parte dentro de la comunidad— entre las habilidades profesionales, por un lado, y la ideología profesional, por el otro.

Dentro de la "ciencia normal" los imperativos mertonianos podrían quizás operar, pero la guía primaria para un campo de investigación dado sería el paradigma prevaiente de ese campo; el reconocimiento podría llegar al científico gracias a su refinamiento y a su articulación. La ciencia normal es, en palabras de Kuhn, "el intento de forzar a la naturaleza dentro de cajas conceptuales proporcionadas por la educación profesional". Es únicamente dentro de estas cajas conceptuales en donde es posible la investigación detallada de los problemas sugeridos por el paradigma, y son ellas las que, a su debido tiempo, generan las anomalías que llevan a la reestructuración del modelo aceptado, o hasta su revolucionario derrocamiento. Así es verdaderamente como sucede la diferenciación de disciplinas de Hagstrom, ya que la creación de especialidades impulsa el crecimiento del conocimiento, concentrando la atención de los especialistas en problemas que son considerados por su comunidad tan importantes como solubles. Su solución les otorga el reconocimiento que buscaban.

El sociólogo británico M. J. Mulkay ha usado el “caso Velikovski” para ilustrar su afirmación de que en la ciencia revolucionaria de Kuhn —el periodo de crisis tras la acumulación de anomalías que conduce al abandono de un paradigma y la aceptación de otro— las normas mertonianas no operan de ninguna forma. El trabajo cosmológico de Immanuel Velikovski, publicado primeramente en su extraordinario libro *Worlds in collision* (1950), pretendía flagrantemente poner en tela de juicio muchas de las consideraciones fundamentales de la biología, la geología y la astronomía. No necesitamos examinar los detalles del caso para comprender que las suposiciones atacadas eran los paradigmas prevalecientes de sus respectivas disciplinas y, en el análisis de Mulkay, la reacción violenta y aun histérica de los científicos hacia el libro de Velikovski indica que su comportamiento no estaba gobernado por la supuesta lealtad a las prescripciones morales del *ethos* científico, sino más bien por un poderoso sentido de compromiso psicológico con las normas teóricas y metodológicas. Si los imperativos mertonianos hubiesen sido efectivos, las afirmaciones de Velikovski hubiesen sido sometidas a un examen detallado, desinteresado y crítico. En vez de ello aparecieron violentos ataques contra Velikovski como individuo; juicios sobre su libro manifiestamente acompañados de rechazo a leerlo, e intentos del *establishment* científico para impedir el acceso: sin restricción a los datos del mismo Velikovski. Estas reacciones “nocientíficas” rompieron evidentemente las normas del universalismo, del escepticismo organizado y del comunismo. Para Mulkay, ellas reafirman la tesis de Kuhn sobre la rigidez, más la flexibilidad, del científico en su apego a los paradigmas, e indican que es esta rigidez, más que los imperativos mertonianos, la que garantiza el crecimiento del conocimiento.

De cualquier modo, Mulkay extiende las ideas de Kuhn para producir un esquema que, bastante mejor que el del propio Kuhn, hace compatible esta inercia intelectual dentro de la ciencia con la rapidez del avance científico actual. Mulkay hace notar que el crecimiento de la ciencia ocurre como resultado de la propagación de la influencia de un paradigma desde el área en la que fue formulado hacia otras áreas. Esto se logra en virtud de que la comunidad de investigadores se compone de una multitud de redes, problemáticas que se entrecruzan. Éstas representan áreas de amplitud intelectual más pequeñas que los límites disciplinarios convencionales que han sido institucionalizados dentro del marco universitario, siendo sus miembros especialistas cuya preocupación profesional se limita a un conjunto de problemas estrictamente restringidos. La importancia de estas redes está en el hecho de que los nuevos hallazgos de investigación deben alcanzar primero la posición de conocimiento

científico genuino mediante un proceso de validación por los miembros de la especialidad de qué se trate. Esta validación concede un grado de reconocimiento en el(los) científico(s) responsable(s) y además mejora la cohesión de la red de investigación en términos del consenso alcanzado. Aquellos que hacen descubrimientos de importancia ampliamente reconocida surgen como la élite de su especialidad; su éxito atrae nuevos participantes al campo y éstos, cada uno a su vez, promueven el crecimiento exponencial.

Cuando este crecimiento llega a detenerse, se vuelven cada vez más raros los nuevos hallazgos importantes. Las recompensas profesionales de reconocimiento se convierten entonces en inadecuadas y el reclutamiento en la especialidad declina. Más aún, los individuos establecidos en ella empiezan a explorar en otros campos para evitar el estancamiento, emigrando hacia nuevas “áreas de ignorancia” en donde pueden aplicar su experiencia anterior en problemas que todavía permiten alcanzar aceptación científica. A causa de esto, y en razón de que en un nuevo campo no hay todavía especialistas comprometidos, hay menos inercia en las nuevas áreas de desarrollo, y menos resistencia a la innovación. De cualquier forma, según Mulkay, es así como las antiguas redes de investigación declinan y se disuelven, mientras que otras nuevas se afirman y crecen.

El verdadero proceso por el que se generan nuevas ideas está, nos dice Mulkay fuertemente relacionado con la “fecundación cruzada de ideas”. Como evidencia de esto señala la contrastante organización estructural y funcional de las ciencias francesas y alemana en el siglo XIX, la primera rígida y estrechamente centralizada, la otra flexible y competitiva. La fecundación cruzada es promovida por un sistema fluido que estimula un cierto grado de dualidad funcional en los individuos, como es el caso de los “practicantes-científicos” o el de los “investigadores-profesores”. Esa flexibilidad ayuda a aflojar las “configuraciones mentales” que, asegura Kuhn, son una consecuencia del rígido sistema tradicional de la educación en ciencias. La innovación resulta entonces de la mezcla creativa de marcos de referencia divergentes.

Aunque trabajando aparentemente dentro del tema “internalista” que se desarrolló a partir del funcionalismo primitivo. Mulkay está plenamente consciente de que en años recientes, con la caída en la curva de crecimiento exponencial para la totalidad de la ciencia, mucho ha cambiado. La crítica de la ciencia —particularmente la que viene de *dentro*— está más propagada que nunca. Aun tomando en cuenta una leve disminución del apoyo financiero, el reclutamiento del personal entrenado se ha vuelto inadecuado. Ante todo, las limitaciones para la comunidad de investigación científica han llegado cada

vez más de direcciones no-científicas, especialmente de parte de un público lego que demanda mayor responsabilidad respecto a fines políticos y económicos. Si estas tendencias continúan —y todas las expectativas indican que así será— la conveniente separación entre un imperio idealizado de ciencia pura (que hasta ahora había ejercido un poder tan exclusivo sobre los intereses de los sociólogos ortodoxos) y el de una ciencia aplicada a objetivos industriales y militares, se volverá inevitablemente más velada, así como menos defendible. Por lo tanto es tiempo ya de que examinemos esos asuntos. (Por razones que se harán obvias, el surgimiento de una cabal sociología de la ciencia nomertoniano se describe más adelante en este capítulo.)

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INDUSTRIA

Obviamente es importante entender la organización social de la ciencia pura, pero no debe hacerse a expensas del estudio de lo que es más representativo de la ciencia como un todo. En el siglo xx, la ciencia típica se ha convertido en la ciencia “aplicada” que se hace en los laboratorios gubernamentales o industriales. Los esquemas de Merton, Hagstrom, Kuhn, Mulkay y de la mayoría de los otros sociólogos, pueden ser aplicados —si acaso— sólo a una minoría del total de científicos, quizá no más del 10%. Y aún dentro del marco de la ciencia pura, cuando ésta se convierte en gran ciencia y el trabajo de equipo en lo cotidiano, es en todo caso imposible aplicar esos modelos como un sistema de intercambio información—reconocimiento.

Una razón importante para esta distinción entre la ciencia pura, por una parte, y la ciencia aplicada y la tecnología, por la otra, son las diferencias que ellas exhiben en la sociología de la publicación. Mientras que el científico puro está fuertemente motivado para publicar sus hallazgos porque esa es la única forma en que espera establecer un conocimiento nuevo y con ello su propia reputación, el tecnólogo carece muy a menudo de acceso a cualquier cosa equivalente al documento científico. Esto no quiere decir que no existe la literatura técnica, lo que está lejos de ser el caso, si no más bien la literatura que puede encontrarse tiene una función diferente. Según Price, esta función es:

hacer las veces de un periódico en asuntos corrientes, para pretenciosos y extravagantes, y probablemente, sobre todo, de una carga adecuada para soportar los principales contenidos de anuncios que, junto con catálogos de productos, son los depósitos fundamentales del actual logro de cada tecnología.

No existen documentos de acceso público en el sentido científico porque el tecnólogo no está comunicando conocimiento abiertamente, sino que a menudo está acumulando conocimiento con el fin de obtener ventaja comercial frente a sus competidores. A diferencia del científico, no posee un colegio invisible a través del cual puedan transmitirse los conocimientos más recientes mucho antes de la publicación de su trabajo. Por lo tanto está más ansioso por encontrar cualquier tipo de literatura y obtener, si la hay, toda la información útil leyendo “entre líneas”. Price resume todo esto en el aforismo:

El científico quiere escribir, pero no leer, el tecnólogo quiere leer, pero no escribir.

Y define la tecnología como “la investigación en la que el producto principal no es un documento, sino una máquina, un medicamento, un producto o un proceso de cualquier tipo”.

Desafortunadamente, nuestra tendencia a hablar en esta forma de la ciencia y la tecnología, dando a entender que son actividades separadas, ha provocado muchísima confusión. Hasta cierto punto es resultado de un modo de pensar obsoleto y oscuro. Por ejemplo, muchos escritores, intentando determinar las relaciones históricas entre ciencia y tecnología, han presupuesto una distinción clara entre el interés por el conocimiento teórico, por una parte, y por las artes prácticas y los oficios, por la otra. Dentro de esta conveniente perspectiva los tipos de preguntas que pueden plantearse incluyen: ¿cuál de las dos va primero, la ciencia o la tecnología?, ¿están relacionadas casualmente?, ¿puede describirse algún patrón congruente? No hay necesidad de decir que este enfoque ha producido muy pocas respuestas simples. Entre una multitud de controversias, la única conclusión aceptada que surge es que no existe un modelo simple que gobierne esas relaciones en ningún caso. En las páginas de la historia se pueden encontrar ejemplos en donde una técnica utilitaria parece haber surgido como una consecuencia directa de la investigación científica fundamental; igualmente pueden encontrarse ejemplos en que los avances tecnológicos conducen a un nuevo conocimiento científico; en donde la teoría y la práctica se han desarrollado en forma concentrada, o aparentemente en total independencia.

Para nuestro propósito, tiene poco sentido lanzarnos a la controversia misma. Somos afortunados porque las historias tradicionales de la ciencia y la tecnología —en las que a menudo se destacan los heroicos descubrimientos e inventos de unos cuantos grandes hombres, aislados de las fuerzas sociales de su época— en tiempos re-

cientes han dado paso a un análisis más sofisticado que sitúa firmemente esas actividades creativas dentro de un contexto de dimensiones culturales y filosóficas. Un punto ha surgido con perfecta claridad y más allá de toda discusión. Éste es que durante el pasado siglo XIX —sea lo que fuere lo propio en época anterior— hubo una convergencia muy marcada entre ciencia y tecnología, especialmente manifiesta en la cada vez más consciente y extendida aplicación del conocimiento científico a la práctica técnica. Esto continuó cada vez más rápidamente, y hacia principios del siglo XX la tecnología y la industria se hallaban fuertemente unidas en una compleja red de *interdependencia* mutua.

En el mundo moderno es mejor que disipemos cualquier vestigio de confusión observando las divisiones entre ciencia y tecnología en términos del medio social en que se desarrollan. No se trata simplemente de que la ciencia valora el conocimiento mientras que la tecnología valora las acciones; más bien se trata de que las comunidades que sustentan la ciencia y la tecnología tienden a valorar tanto el “conocer” como el “hacer”. Por la misma razón, el auditorio de la ciencia tiende a constituirse por otros científicos investigadores, mientras que el auditorio principal de la tecnología no está compuesto por investigadores sino por quienes buscan resultados de utilidad práctica. La historia de la tecnología en el siglo XIX nos muestra que su convergencia con la ciencia no se limitó a la mera absorción del conocimiento objetivo de esta última sino que, quizá más importante, absorbió también sus métodos experimentales y su marco institucional. Observamos esto, por ejemplo, en la agricultura en donde las grandes sociedades agrícolas empezaron a emplear a químicos, botánicos y entomólogos para trabajar en problemas de importancia práctica vital; también lo observamos en la ingeniería, que igualmente estableció sociedades profesionales, publicó revistas especializadas y desarrolló laboratorios de investigación siguiendo la línea de la física. Así, las tecnologías mismas se hicieron científicas y, además, dieron paso a las ciencias específicamente tecnológicas cuyas diferencias con sus “más puras” relaciones es que ellas buscan los tipos de conocimiento más cercanamente asociados con la práctica. Nuevamente en el caso de la agricultura, queda claro que la misma tecnología se ha vuelto más científica en cada década de este siglo; la sirven una multitud de ciencias tecnológica, desde la física del suelo y la genética de los cultivos, hasta la producción de ganado y la microbiología, mientras que la empresa total se conduce bajo el paraguas de la economía agrícola, que trata de mantener un contacto concienzudamente realista con el mundo amplio. Ejemplos similares pueden aplicarse a la medicina y a la ingeniería.

La dinámica del sistema asegura que la información importante puede valorar en ambas direcciones entre los dos extremos de lo que se ha convertido en un todo continuo de investigación y desarrollo. Claro está que no queremos decir que los canales de comunicación son perfectos ni que su modo de operación sea bien conocido. Indudablemente que tienen mucho por descubrir los futuros estudios sociales de la ciencia y la tecnología, tanto del ambiente ideal del laboratorio, amplio y multidisciplinario, como más allá. Pero al menos ya podemos decir con plena confianza que el modelo tradicional de ciencia como generadora del conocimiento, y la tecnología como el medio para su aplicación, ya no nos ayuda a entender la posición actual; la tecnología no está simplemente *basada* en la ciencia.

Para entender cómo se relacionan ambas, tenemos ahora que examinar además el papel de la ciencia en las industrias tecnológicas modernas.

CIENCIA PURA, CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA

Aunque en la sección anterior nos ha costado trabajo demostrar que nunca puede justificarse cualquier distinción rígida entre ciencia y tecnología, al referirnos al todo continuo de investigación hemos evitado sugerir que no existen claras diferencias de énfasis en los extremos. Obviamente una tecnología como la ingeniería agrícola requiere considerable habilidad manual y visión, pero ningún fondo teórico profundo particular; mientras que una ciencia como la física matemática puede ser exclusivamente teórica y requiere de un equipo no mayor que un lápiz y un papel. En las áreas de mayor conflicto es fútil dejarse involucrar en un apasionado debate, no tanto porque nuestras nociones de ciencia y tecnología no están fijadas de ningún modo, sino porque se encuentran en cambio constante. Así que no puede existir una opinión definitiva sobre si el descenso del hombre en la Luna o el desarrollo de reactores nucleares fueron triunfos (o desastres) de la ciencia o de la ingeniería. Claramente ellos implican la compleja interacción entre ambas, de manera que insistir en una separación entre los componentes científicos y los tecnológicos de todo el proceso será apenas un poco más que una declaración de gustos personales.

Afortunadamente una buena base para hacer esas distinciones sobre su utilidad se encuentra en una publicación de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) titulada: *The measurement of scientific and technical activities* (1970). En ella se distingue entre investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. “La investigación básica es la

investigación original llevada a cabo para alcanzar nuevo conocimiento o entendimiento científico. No está en principio dirigida hacia cualquier fin o aplicación práctica específicos." La investigación básica "pura" se hace al arbitrio del científico individual, mientras que la investigación básica "orientada" es encaminada en forma general hacia algún campo de interés particular por la organización que emplea al científico.

"La investigación aplicada es también investigación original llevada a cabo para adquirir nuevo conocimiento técnico o científico. Sin embargo está dirigida principalmente hacia un objeto o un fin práctico. La investigación aplicada desarrolla las ideas en formas operativas."

El desarrollo tecnológico o "experimental" es el uso del conocimiento científico para producir materiales, diseños, productos, procesos, sistemas, servicios nuevos o sustancialmente mejorados.

Estos, entonces, son los componentes separados de la actividad total que en el siglo xx hemos llegado a conocer como Investigación y Desarrollo. Esta actividad es definida por la OCDE como "trabajo creativo realizado con

una base sistemática para aumentar las reservas de conocimiento científico y técnico y para usarlas con objeto de idear nuevas aplicaciones". La empresa total está resumida en forma esquemática en la figura 4.

Un ejemplo que se da en la publicación de la OCDE para ilustrar las tres categorías principales en el proceso de investigación y desarrollo está tomado del mundo médico. En esta forma la investigación de la secuencia de aminoácidos en una molécula anticuerpo debe ser considerada como investigación *básica*. El uso de esta información para distinguir entre los anticuerpos de diversas enfermedades sería investigación *aplicada*. La fase final del *desarrollo tecnológico* podría entonces relacionarse con encontrar una técnica para sintetizar los anticuerpos de enfermedades particulares y probar su efectividad, quizás en pruebas clínicas.

Mientras que estas categorías separadas todavía siguen distinguiéndose rutinariamente en forma teórica, no puede destacarse demasiado que en la práctica el proceso íntegro sea continuo, implicando en todos sus pasos la contribución de individuos con antecedentes y experiencia semejantes. En esta forma una industria moderna puede incorporar individuos que fueron entrenados como científicos básicos, pero que trabajan en tecnología y en desarrollo, y otros que fueron entrenados como tecnólogos y que sin embargo funcionan como científicos; los procedimientos intelectuales que se siguen y los resultados obtenidos son frecuentemente indistinguibles. Simplemente la manera que elegimos para clasificar a esos trabajadores puede decirnos más sobre los criterios empleados que sobre las actividades individuales. Por ejemplo, una clasificación basada en la membrecía de la comunidad puede llevarnos a considerarlos tecnólogos; una basada en la publicación de los resultados tendería a identificar a los científicos. De cualquier forma, la arbitrariedad de la división es característica de más y más investigación moderna, y ésta es una de las razones por las que la tecnología es considerada más bien como "relacionada-con-la-ciencia" que como "basada-en-la-ciencia".

Aun la llamada investigación básica pura, que es ejecutada típicamente en la atmósfera desinteresada de las supuestas torres de marfil académicas, a menudo resulta (como en el ejemplo anterior) tener aplicaciones prácticas. En razón de que la historia de la ciencia puede proporcionar muchos ejemplos como éste, no es sorprendente que sean comunes los argumentos sobre "usos imprevistos" de la investigación pura cuando se precisa el apoyo financiero. Nadie, por ejemplo, pretendería que Faraday no buscaba el conocimiento "para su propio provecho" cuando descubrió la inducción electromagnética. Al preguntársele para qué servía su trabajo, se



Figura 4. Presentación esquemática de los conceptos de investigación básica y aplicada, y desarrollo tecnológico.

dice que Faraday respondió: “¿Para qué sirve un niño?” Viéndolo en retrospectiva tendemos a considerar sus experimentos como uno de los primeros pasos esenciales hacia las tecnologías de la comunicación “inalámbrica” y la ingeniería electrónica. Casi lo mismo podría decirse de la famosa ecuación de Einstein $E = mc^2$, un producto esotérico de la física teórica, si alguna vez ha habido uno. Sin embargo, “condujo” al descubrimiento de las armas nucleares, y en este caso Einstein vivió para ver cómo a su trabajo “puro” se le daba “mal uso” en la práctica. El ejemplo del descubrimiento del moho, *Penicillium* (1928), es algo diferente. Aunque fue hecho por Alexander Fleming dentro del espíritu de la ciencia objetiva y teórica, trabajaba en el laboratorio bacteriológico de un hospital, y por lo tanto no se había separado de la práctica. El trabajo de Fleming era “investigación básica orientada”; podía darse cuenta de la potencialidad del moho en la medicina, pero carecía de las facilidades para explotarlo. Mientras tanto su trabajo fue desarrollado dentro de la industria de los antibióticos en forma muy amplia por una compañía farmacéutica, y en esta forma la farmacéutica se convirtió en un ejemplo clásico de una industria “relacionada con la ciencia”, en la que siempre ha existido una interacción constante entre la teoría y la práctica.

Ejemplos similares pueden citarse a voluntad. Pero si en el nivel de la metodología podemos reconocer con bastante claridad que las categorías dentro de toda la empresa de investigación y desarrollo son cada vez más “estándares de conveniencia”, en el plano de la economía la distinción permanece relativamente clara. Para aquellos que proporcionan el apoyo financiero sigue siendo la tecnología la que potencialmente, puede producir dinero, mientras que la ciencia siempre cuesta dinero. Mucha de la ciencia “pura”, y no poca de la “aplicada”, no sale adelante en el sentido limitado del reembolso económico; pero por lo general la inversión en la tecnología sólo principia cuando los mejores indicadores económicos señalan una producción rentable. (El proyecto aeronáutico supersónico que produjo el *Concorde* constituye una excepción notable, ya que puede considerarse como un éxito técnico que, sin embargo, sigue siendo un desastre financiero; solamente sirve para demostrar que la “más avanzada tecnología” es apoyada a menudo por razones de prestigio o seguridad nacional, más que por beneficio económico, un tema que se considerará más adelante en este capítulo.) Comparativamente hablando, actualmente se gasta poco dinero en la ciencia por razones meramente “culturales”, a diferencia del que se gasta, por ejemplo, en apoyar a las artes. Casi toda la actividad científica en el mundo moderno es llevada a cabo

con la esperanza de obtener ventajas económicas o militares, y será el propósito final de este capítulo considerar estos aspectos en sus dimensiones sociales.

La aparición de la ciencia en la industria

Las raíces de la industria actual, relacionada con la ciencia y con la alta tecnología, pueden seguirse en el pasado quizás hasta la época del Renacimiento, en la filosofía de orientación práctica de Francis Bacon y en los métodos experimentales de Galileo. Sólo entonces, con el inicio de una nueva era de exploración, fue cuando los marinos se volvieron hacia los filósofos naturalistas en busca de una guía para la determinación exacta de parámetros esenciales como latitud y longitud. Para 1600, una publicación, *De Magnete* de William Gilbert, quien es famoso especialmente por su trabajo sobre las propiedades básicas del magnetismo, también incluyó secciones sustanciales sobre el uso de los magnetos en instrumentos náuticos y sobre las dificultades prácticas en la minería y el trabajo del hierro. La inquietud principal de Bacon radicaba particularmente en la aplicación de la ciencia experimental en artes y oficios “industriales” como éstos, y fue en gran parte sobre la base de su filosofía que la Royal Society of London, con sus conscientes actitudes utilitarias, fue fundada, en 1660.

Hacia finales del siglo XVIII, la acuciante necesidad práctica de sustituir el carbón por la rápida merma en el suministro de madera vio el surgimiento de “El amigo del minero” de Thomas Savary, el primer motor práctico de vapor que se aplicaría al problema del drenaje. Durante las dos generaciones siguientes, por medio de la introducción de pretenciosos diseños, algunos de ellos basados en termodinámica básica, ese primer monstruo enormemente ineficiente y goteante fue transformado en el caballo de batalla universal en las fábricas nacientes de las naciones. La aparición de la fuerza de vapor fue entonces una consecuencia de las continuamente cambiantes relaciones entre la tecnología y la ciencia, y desempeñó quizás el mayor papel en lo que Eric Hobsbawm llamó “la transformación más fundamental de la vida humana en la historia del mundo registrada en documentos escritos”. Fue un levantamiento social de la más extrema complejidad, y somos afortunados de que nuestro objetivo no sea otro que un brevísimo bosquejo de su influencia fundamental en el laboratorio de investigación y desarrollo industrial moderno.

Las principales innovaciones tecnológicas de los, inicios de la Revolución Industrial (aproximadamente hacia 1760) fueron proporcionadas por artesanos y letrados, constructores de canales, constructores de molinos, fa-

bricantes de hierro y herreros, que laboraban en el campo. El auténtico carácter revolucionario de sus inventos y mejoras radica en el hecho de que por primera vez fueron ideados no para los pocos privilegiados, sino para el uso diario de la gente común (e igualmente, claro está, para hacer negocio). En un tiempo notablemente corto lograron la sustitución del trabajo animal y humano por artefactos mecánicos impulsados primero por agua y después por vapor. (El énfasis en esta tendencia no intenta en ninguna forma oscurecer las terribles condiciones, que inmediatamente resultaron de la nueva dominación del pueblo por el ritmo de las máquinas.) La rápida aceleración de la producción industrial, una de las principales características del periodo, fue principalmente consecuencia de la combinación de estos adelantos técnicos simples con el profundo cambio organizativo que reunió numerosas unidades productivas pequeñas —que por incontables generaciones habían estado dispersas en los pueblos rurales— para formar las grandes fábricas urbanas. Este sistema requirió de una división del trabajo claramente estructurado, con mayor disciplina, regularidad y rutina; ello difundió “actitudes racionales” y “métodos científicos” por toda la industria y más allá de ella.

El proceso de industrialización ocurrió primeramente en Gran Bretaña, y el sector clave en un principio fue, sin duda alguna, el de los textiles de algodón. En esa época el algodón en bruto podía exportarse a bajo costo de las nuevas plantaciones norteamericanas; aparecieron mercados extranjeros para los bienes manufacturados que se ampliaron rápidamente, al igual que los locales; y la reorganización de las técnicas tradicionales junto con los nuevos lineamientos pronto se mostraron capaces de satisfacer la demanda. En esa forma la principal fuerza conductora tras los cambios económicos no era científica, sino económica. La producción de telas de algodón aumentó cinco veces entre 1766 y 1787, un periodo que vio la aparición de las justamente famosas invenciones, la *spinning jenny* [máquina de hilar de husos múltiples], la *waterframe* [máquina de hilar continua movida por agua] y la *hybrid mule* [telar torcedor] que aceleraron espectacularmente el hilado del algodón, y la lanzadera volante y los telares de potencia que revolucionaron el tejido. Estas máquinas no debían nada a la ciencia teórica, y en este aspecto la industria textil fue representativa de la temprana revolución industrial en su totalidad.

Sin embargo, hacia la segunda mitad del siglo XIX, el equilibrio estaba cambiando. La producción de tela depende de otros procesos además de los mecánicos de hilado y tejido, como son los de blanqueado y teñido. Fueron estos últimos los que proporcionaron la oportunidad para el compromiso sistemático de los científicos con el

conocimiento teórico específico. El caso de la industria alemana de teñido sintético es particularmente instructivo. Aunque el químico inglés William Perkin produjo (accidentalmente) el primer tinte artificial resistente a la decoloración, el *malva*, derivado del alquitrán de carbón, fueron los alemanes los que se dieron cuenta del potencial económico del descubrimiento e invadieron el campo en gran forma. Para 1900 tenían completo control de éste, proporcionando algo así como el 90% de todos los tintes sintéticos en el mundo entero.

Superficialmente este suceso extraordinario fue el resultado de la maquinaria industrial alemana, magistralmente organizada y motivada económicamente. En forma más fundamental, reflejó su determinación de vencer un arranque tardío en la industrialización aplicando directamente lo que ya era su preeminente experiencia científica. Su capacidad para lograrlo fue a su vez una consecuencia de la atmósfera competitiva y dinámica que se generó en las universidades alemanas durante el siglo XIX (contrastando con el *laissezfaire*, el amateurismo y la complacencia de Gran Bretaña), y específicamente de la alta calidad y cantidad de la enseñanza e investigación en química orgánica bajo el liderazgo pionero de Justus von Liebig, quien estaba entregado al ideal de ver aplicada su química.

El desarrollo de la industria eléctrica fue otro ejemplo. Los descubrimientos de los científicos pioneros, Davy, Faraday y otros, tomaron algún tiempo para encontrar aplicación, y en un sentido importante la máquina de vapor —ese símbolo de “progreso” del siglo XIX— formó parte de los desarrollos prácticos en electricidad que aparecieron con el tiempo. La máquina fue rápidamente adaptada para usarse en locomotoras y, más tarde, para hacer funcionar generadores eléctricos. La invención del telégrafo eléctrico (1837) fue importante para el señalamiento en los ferrocarriles y pronto se encontró uso para él en las comunicaciones en general. La última consecuencia de esto fue quizás la invención del tubo electrónico por Thomas Alva Edison, que abrió paso al contacto “inalámbrico”, lográndose por primera vez una comunicación de este tipo a través del Atlántico en 1901.

Las primeras aplicaciones comerciales para la dinamo, un descendiente directo de los experimentos de Faraday, se realizaron en la galvanización y el alumbrado eléctricos. Este último fue usado inicialmente en lugares aislados como los faros, en donde un generador podía reemplazar las baterías. Sin embargo en 1879, Alva Edison en América y Joseph Swann en Inglaterra, independientemente, desarrollaron la lámpara de filamento al vacío, a partir de una idea primitiva proporcionada por Davy. Este nuevo camino creó una demanda del consumidor sin precedentes, aumentó el trabajo con el fin de

distribuir energía eléctrica, especialmente en el General Electricity Research Laboratory (1906) en los Estados Unidos, y provocó el auge en las industrias eléctricas que en unas cuantas décadas dieron satisfacción a múltiples y hasta entonces no soñadas aplicaciones.

Al nacer el nuevo siglo los ejemplos de industrias eléctricas y químicas ya no eran algo excepcional; se aprendía cada vez más la lección de la iniciativa alemana. En el futuro la ciencia podría ser la compañera inseparable de la tecnología en la industria, y cualquiera que fuera incapaz de hacer un adecuado uso táctico y estratégico de esta nueva situación tendría que pagar un alto precio en el cada vez más competitivo mundo comercial.

La tecnología y la sociología de la ciencia

La convergencia a gran escala de ciencia y tecnología empezó, según hemos visto, con el laboratorio industrial de investigación y desarrollo hacia finales del siglo XIX, una corriente iniciada en Alemania y seguida rápidamente en los Estados Unidos y después en Gran Bretaña y otros países. La investigación industrial aplicada fue posible por el surgimiento del científico “profesional”, quien había recibido un entrenamiento especializado y prolongado, y al que por primera vez se le reconocía una importante función social. El laboratorio de investigación y desarrollo fue el efecto, no la causa, de relaciones más estrechas entre la tecnología y la ciencia, aunque una vez aceptado aceleró de manera espectacular su interdependencia. Después de eso, la simbiosis industrial se volvió auto-eternizante, ya que era cada vez más peligroso para los gobiernos y para las compañías comerciales quedarse atrás en la carrera de la competencia de nuevos productos y procesos técnicos. Pronto se apreció que éstos podían lograrse únicamente a través de la actividad innovadora de la investigación científica y tecnológica organizada.

Los resultados en el siglo XX de esta estrecha unión de la ciencia y la tecnología son demasiado numerosos y muy bien conocidos para precisar repetirlos. Será suficiente si rápidamente examinamos los ejemplos de la industria de la aviación y el desarrollo de la energía nuclear.

Toda una generación de aeronaves con motores de pistón y hélices propulsoras se desarrolló desde las primeras y sensacionales pruebas de vuelo de los hermanos Wright en Carolina del Norte (1903), pero fue el imperativo de la defensa nacional el que abatió el conservadurismo de los diseñadores de máquinas aéreas hacia finales de los treinta e impulsó el trabajo en la turbina de gas. El primer diseño británico fue proyectado en 1928 por un joven ingeniero, Frank Whittle,

quien escribió que “la turbina es el más eficiente motor primario conocido” y podría “desarrollarse para la aviación, especialmente si se inventaran algunos medios para mover una turbina con gasolina”. Es significativo que el plan básico de Whittle se basó extensamente en su conocimiento teórico de la termodinámica, de manera que podía aplicar los principios fundamentales de la física a detalles de diseño. Aún más, su motor requería el uso de las nuevas aleaciones resistentes al calor que en ese entonces eran producidas por una ciencia metalúrgica relativamente nueva. Pero es obvio que las ideas de Whittle no hubieran sido implantadas sin un apoyo financiero sustancial y sin habilidad tecnológica. Hubo una larga serie de problemas técnicos y peligros de desastre antes de que el primer jet británico volara en 1941. Para ese tiempo los alemanes por su lado habían construido un motor similar, y parece que su ventaja de dos años sobre los británicos, que pudo haber sido decisiva en el avance de la guerra, se perdió por un apoyo tecnológico inadecuado.

La tecnología de la industria de la aviación y sus relaciones con la ciencia de la aerodinámica es en muchas formas un paralelo moderno con la historia de la máquina de vapor y la termodinámica en el siglo XIX. Los orígenes empíricos de la aviación promovieron en un principio estudios teóricos de fenómenos como la turbulencia del aire, la resistencia y la aerodinámica. Una vez que todos estos principios físicos fueron confirmados, se aplicaron rápidamente para perfeccionar el producto terminado.

Nadie discute, que los orígenes de la industria de la energía nuclear están profundamente arraigados en las teorías primordiales sobre la naturaleza de la materia y la energía. Habiendo dicho esto, tiene poca importancia que tomemos como “el principio” las implicaciones del número atómico que aparecen en la tabla periódica de los elementos de Mendeleiev (1869); el descubrimiento del electrón en 1879 por J. J. Thomson, que demostró que el átomo no es indivisible; o el descubrimiento del neutrón en 1932 por James Chadwick, que forzó la conclusión de que lo mismo podía considerarse para el núcleo del átomo. Ciertamente el neutrón tenía una importancia especial e inmediata, ya que se trataba de una partícula sin carga eléctrica y que por lo tanto podría ser usada para “bombardear” el núcleo de otros átomos sin sufrir las alteraciones producidas por la atracción o la repulsión. En manos del físico italiano Enrico Fermi—que para ese entonces había huido de Mussolini para establecerse en Chicago—, el neutrón se convirtió en un instrumento poderoso con el que el sueño de los alquimistas sobre la transmutación de los elementos podía al fin realizarse. Bombardeando el más pesado de los elementos “naturales”, el uranio, Fermi produjo un elemento hecho por

el hombre, el plutonio. Al hacerlo logró, según se lee en la placa conmemorativa, “la primera reacción en cadena autónoma y, por lo tanto, inició la liberación controlada de energía nuclear” (1942). La *pila de uranio-grafito* de Fermi iba a ser el modelo sobre el que se basarían los primeros reactores nucleares comerciales. La primera estación británica de energía en Calder Hall empezó a generar electricidad en 1956 (aunque debe decirse que su propósito original en esa época era la producción de plutonio para armas nucleares). El principio básico de un reactor *término* como éste es la *fisión*, o rompimiento, de los átomos del isótopo uranio 235. Cuando esto sucede se libera una enorme cantidad de energía, junto con ciertos “productos de fisión”, entre los que se cuentan los neutrones. Estos neutrones pueden, bajo condiciones cuidadosamente controladas, causar la fisión de otros átomos de uranio 235 y así iniciar “una reacción en cadena” por medio de la cual se logra un abastecimiento continuo de energía. El calor producido durante la operación del reactor es eliminado con agua circulante o con dióxido de carbono y se usa para convertir agua en vapor para generar electricidad.

En el mundo moderno, el diseño y la construcción de aeronaves (incluyendo las naves espaciales) y de estaciones de energía atómica se lleva a cabo dentro de industrias enormes con investigación intensiva, que manejan elevados presupuestos y emplean una cantidad inmensa de personal altamente capacitado. Todos estos individuos están, en el sentido más amplio y más realista, trabajando conjuntamente en la ciencia aplicada; únicamente una distinción arbitraria podría separarlos en científicos por una parte y tecnólogos por la otra.

Lo cierto respecto a esas personas es que están sujetas a motivos y presiones muy diferentes de los de aquellos relativamente protegidos del mundo de las universidades. No sólo se desvanecen las distinciones tradicionales entre ciencia y tecnología, ciencia básica y ciencia aplicada, sino que también las disciplinas académicas específicas y bien establecidas quedan poco definidas en la contagiosa atmósfera de colaboración interdisciplinaria para el bien de la compañía. ¿Cómo afecta la diferencia en el medio laboral las actitudes hacia el trabajo? ¿Siente el científico aplicado un compromiso hacia normas que son diferentes de las del *ethos* idealizado de la ciencia, o de una red de investigación particular? Todavía sabemos relativamente poco de estos asuntos, aunque el tema es importante para la sociología de la ciencia (típica del siglo xx), y bien vale la pena que nos detengamos un poco para examinar lo que se ha averiguado hasta la fecha.

En razón de que los antecedentes básicos y la preparación del científico industrial moderno son usualmente los mismos que los del científico puro, varios sociólogos

estadounidenses de tradición mertoniana han supuesto que aquél es víctima del conflicto entre dos “culturas” opuestas, la de la ciencia pura y la de la administración, respectivamente. De acuerdo con este punto de vista, el científico industrial difícilmente sabe qué camino tomar, ya que el mismo periodo de socialización durante su preparación universitaria le ha enseñado a identificarse con el *ethos* cosmopolita de la ciencia, pura, con su fin último de incrementar el conocimiento, mientras que la realidad de su empleo lo fuerza a ser leal —en un nivel mucho más, local— a los objetivos prácticos de su compañía y a “ideales” tales como solidez financiera y organización jerárquica noigualitaria. El interés y las tensiones no raros en la administración del laboratorio industrial se explican en estos términos, y el científico industrial es, al menos por implicación, visto como un académico frustrado y fallido.

Las limitaciones de este punto de vista han sido destacadas en una encuesta empírica conducida en Gran Bretaña por N. D. Ellis, en la que un muestreo de científicos académicos e industriales y de tecnólogos (la mayor parte de ellos ingenieros) fueron interrogados directamente sobre lo que *ellos* pensaban de sus condiciones de trabajo. El cuadro 1 resume los resultados. A los interrogados se les pidió responder a dos preguntas sobre cada una de las condiciones en la lista (A–L); primero: “¿qué tan importante considera usted ese punto para su satisfacción general de trabajo?” y en segundo lugar: “¿qué tan satisfecho se encuentra usted actualmente con cada una de las condiciones?” En el cuadro, los números abiertos indican las respuestas, dentro de un intervalo 0–100, a la primera pregunta (esto es, grado de importancia), y los números entre paréntesis indican las respuestas a la segunda (grado de satisfacción). El cuadro contiene una considerable cantidad de información que bien vale la pena estudiar. Así, los resultados más altos proporcionados por los académicos en condiciones C, E, H, I, y L parecen confirmar su relación con el *ethos* de la ciencia pura. En contraste, los bajos resultados de los científicos industriales sugieren que, cualesquiera que hayan sido sus puntos de vista apenas egresados de la universidad, no sentían esa adhesión, siendo significativamente más pragmáticos en cuanto a orientación; la mayoría aceptó gustosa la lógica de la investigación industrial y muchos se mostraron, en realidad, hasta ignorantes de que la ciencia pura pudiera tener un *ethos* moral de cualquier tipo. Para la condición D (oportunidad de ganar experiencia administrativa) hubo una puntuación notablemente baja para los académicos, pero una razonablemente alta para los industriales; evidentemente el papel de administrador fue considerado de alta estima por estos últimos, que lo veían como un camino más

obvio para la promoción y como un medio para alcanzar una perspectiva más amplia de su trabajo técnico, así como una mayor pertinencia.

Una diferencia más sobre la actitud hacia la administración surgió del estudio de Ellis: ésta apareció entre los científicos y los tecnólogos que trabajaban para la industria. El graduado en ciencia pura que por primera vez entra en la industria está a menudo mal preparado para afrontar las condiciones poco familiares, particularmente en comparación con el graduado en tecnología, cuyo entrenamiento lo ha preparado mejor para el medio industrial. Como resultado, el científico se siente poco aprovechado (véase condición G), encontrando que está poco valorado como el especialista científico que creía ser, y al mismo tiempo mostrando dificultades para ajustarse a su nuevo papel como tecnólogo. Nuevamente por comparación, el graduado en tecnología rápidamente se identifica con su posición claramente designada en la industria y con ventajas consecuentemente más altas que el científico en condiciones que indican apego a su especialización original (E, F, H, I y L). En parte como consecuencia de su aparente inseguridad, al entrar en la industria el científico está más ansioso que el tecnólogo por escapar del laboratorio hacia otros departamentos de la compañía en donde pueda quizás encontrar un puesto directivo.

En resumen, la encuesta de Ellis no apoya la suposición teórica de que cualquier desencanto por parte de los científicos dentro de la industria es resultado de su apego al llamado *ethos* de la ciencia pura. Los científicos industriales, que son la gran mayoría de los científicos, aparentemente no actúan de acuerdo con ese código,

y fueron trabajos como el de Ellis los que primero cuestionaron la idea misma de explicar la ciencia en términos de socialización dentro de *normas* y *valores*. ¿Podría ser que este modelo de acción tan ampliamente reverenciado esté totalmente equivocado después de todo? Sí es así, entonces lo más seguro es que vuelva a plantear, la controversia que, durante los inicios de los años setenta, empezaba a surgir en torno al mundo académico. Era una controversia importante porque subrayaba discrepancias profundas entre las idealizadas consideraciones de la ciencia (que tanto gustan a los filósofos y a algunos historiadores) y el panorama “realista” derivado por los sociólogos de evidencias con base empírica de lo que realmente parece ocurrir. No mucho después de la publicación del estudio de Ellis, se empezaron a acumular más datos que también amenazaban el modelo tradicional, datos provenientes no sólo del campo industrial sino también de algunos de los más “puros” campos de la investigación científica. Estaba en marcha algo así como una revolución.

El desarrollo de esta sociología de la ciencia no merloniana es ahora un asunto mayor, aunque la escuela misma continúe aún en su infancia. Antes de que pueda alcanzar la madurez, primero tiene que vencer una tradición articulada e influyente, la cual, en efecto, aún argumenta que cualquier estudio *social* de la actividad científica sólo puede tratar los aspectos periféricos, “no-científicos” de esta última; que las oportunidades para una “sociología de los contenidos conceptuales y teóricos de la ciencia son extremadamente limitadas”. En ocasiones, la deducción ha sido que los investigadores que usan técnicas sociológicas se comprometen en poco

Cuadro 1. Dimensiones de satisfacción en el trabajo: índices comparativos para científicos y tecnólogos en investigación industrial y en universidades.

	Científicos				Tecnólogos			
	Universidad		Industria		Universidad		Industria	
A Salario	55	(31)	77	(50)	81	(40)	76	(52)
B Cantidad y calidad del personal asistente	79	(47)	78	(38)	65	(40)	63	(39)
C Cantidad de tiempo libre para la investigación privada	90	(74)	38	(49)	73	(66)	38	(65)
D Oportunidades para obtener experiencia en administración	20	(64)	63	(37)	32	(64)	55	(41)
E Prestigio de este departamento en el mundo científico-tecnológico	60	(51)	43	(50)	67	(37)	51	(60)
F Perspectivas de promoción en una escala de carrera de investigación	60	(49)	75	(44)	70	(38)	91	(54)
G Extensión hasta donde se utilizan plenamente mi aptitud y mi experiencia	81	(84)	94	(47)	95	(70)	85	(65)
H Oportunidades para conseguir una investigación básica en mi campo	90	(83)	33	(60)	70	(85)	49	(65)
I Libertad para escoger mis propios proyectos de investigación	88	(96)	51	(49)	80	(85)	54	(56)
J Grado de libertad que tengo para manejar mi propio trabajo	96	(93)	91	(63)	88	(93)	90	(79)
K Oportunidad para asistir a reuniones-conferencias científicas o técnicas	72	(60)	65	(51)	70	(45)	60	(67)
L Oportunidad para trabajar con tecnólogos o científicos de alta reputación	63	(77)	44	(49)	72	(38)	50	(61)
Número de entrevistados	50		118		40		75	

Fuente: Modificado de N. D. Ellis, “The occupation of science”, en *Technology and society*, núm. 5, 1969, p. 40.

más que en el tráfico sofisticado de chismes. Como resultado, no es sorprendente que el tema haya generado resentimientos en ambas partes, por ejemplo el de Steven Shapin quien, en una vigorosa defensa del nuevo enfoque, rechaza las reservas y críticas de varios eruditos distinguidos, diciendo que para ellos “es ya muy tarde, ya que la sociología histórica del conocimiento científico ha seguido adelante sin ellos”. Es posible que las actitudes opuestas puedan compararse a los “modos incompatibles de la vida comunitaria” de Kuhn; al menos hay comúnmente una brecha generacional discernible entre las facciones contendientes. Para algunos eruditos “tradicionales”, la evaluación de paradigmas competitivos en términos diferentes a las nociones abstractas de deducciones lógicas no podía en ninguna forma haber producido el coherente, ampliamente aceptado y relativamente perdurable cuerpo de conocimientos llamado ciencia. Para los estudiosos más “progresistas”, la motivación para los científicos provistos de fines, objetivos e intereses particulares —así como de consideraciones racionales— produjo una relación inmensamente más plausible de acontecimientos históricos.

De acuerdo con este nuevo enfoque los paradigmas no son considerados por los científicos simplemente como montajes de teorías abstractas, sino más bien como recursos o instrumentos (a veces se habla del nuevo modelo como “instrumental”) que pueden realmente usarse para *hacer* cosas. Lo que se haga depende de cómo consideren los científicos a los cuerpos particulares de conocimiento, ya que sus actitudes, se argumenta, deben seguramente estar afectadas por los intereses sociales de su grupo, como la necesidad de resolver unos enigmas en vez de otros, el interés en la imagen profesional del grupo, o la disponibilidad que éste tenga para sus logros.

Aun el mismo Shapin afirma que “el camino a seguir [...] hacia una sociología del conocimiento científico totalmente, desarrollada no es reconocido generalmente”, y está fuera de los límites de este libro intentar identificarlo. Sin embargo, unos pocos ejemplos breves de trabajos recientes aclararán la situación actual mucho mejor que sólo generalidades. Un estudio particularmente extenso aparece en el libro *Laboratory life* (1979) de Bruno Latour y Steve Woolgar, el cual representa un ataque de enfoque “antropológico” a los trabajos de un famoso laboratorio de neuroendocrinología, el Salk Institute for Biological Studies, en California. Fue hecho con el objeto de revelar, como lo indica el subtítulo del libro “la construcción social de hechos científicos”, en la medidas en que se concentra en el *proceso* por el que los científicos dan sentido a sus observaciones.

El método adoptado fue “análogo al de un intrépido explorador de la Costa de Marfil”, en donde un no-científico perspicaz (Latour) dirigió entrevistas y, más particularmente, hizo observaciones detalladas durante un periodo de 21 meses sobre las actividades diarias de los científicos en el gabinete de laboratorio. En esta forma se demostró que era posible identificar los medios principales con los que se ponía orden en el desorden inicial, pero significativamente era al mismo tiempo imposible separar los asuntos “técnicos o intelectuales” de los intereses sociales más amplios que mostraba el equipo de investigadores. En términos simples, se considera, que una investigación como ésta le quita a la ciencia todo vestigio, de la enmascarada mitología que heredó de las consideraciones parciales de los filósofos.

Otros casos recientes de análisis nomertonianos han subrayado también los aspectos prácticos de la vida científica, concentrándose especialmente en las razones por las que algunas operaciones han sido apoyadas y otras ignoradas. Entre ellas se incluyen, por ejemplo, la controversia técnica entre los botánicos sobre la forma correcta de clasificar las plantas, la cual refleja diferencias socialmente adquiridas en cuanto a medio ambiente y adiestramiento (esencialmente las que existen entre los taxonomistas herbáceos y los experimentalistas modernos); una lucha en los albores del siglo xx entre una rama altamente sofisticada de estadística matemática, en la que evidentemente habían influido los compromisos de los protagonistas con asuntos sociales más amplios, y en especial el programa eugenésico (mejoría de la raza) que estaba de moda en la época, y las discusiones entre los investigadores franceses del siglo xix sobre la posibilidad de la generación espontánea de la vida, la cual ostensiblemente implicaba la cuestión “interna” de qué era lo que debía, en ciertas circunstancias, considerarse como un experimento adecuado, pero que en un análisis más profundo mostraba reflejar actitudes tanto morales como políticas sobre el asunto filosófico “externo” del materialismo. Otro caso podría ser las interpretaciones contrastantes de los datos de la física moderna mencionados en el capítulo precedente, mientras que un considerable cuerpo de literatura reciente se ha referido a las relaciones históricas, cambiantes de la comunidad científica con la Iglesia.

En todo caso, es imposible no estar de acuerdo con Shapin en que esta nueva tradición en la sociología de la ciencia representa ahora “algo más que un conjunto de reflexiones teóricas y programáticas sobre lo que pudo haber sido; es también un conjunto de logros prácticos” y, verdaderamente, un área de intenso interés entre los eruditos modernos. Shapin ofrece una extensa bibliografía al final de su artículo.

Innovación tecnológica

La encuesta empírica de Ellis que hemos discutido mostró que muchos científicos explicaron su posición marginal en la industria —es decir, como aquellos a quienes se les puede tener confianza en asuntos técnicos, pero no en las intrincadas sutilezas de la política comercial— en relación con una tradición educativa británica que sistemáticamente ha subestimado los atractivos positivos de las carreras tecnológicas.

Se ha argumentado que otro fruto de este sistema educativo es la división relativamente aguda que hace la mayoría de la gente entre las comunidades científicas y las tecnológico-comerciales. Se dice que esta aparición sirve, de base para la muy lamentable ausencia de lazos estrechos entre la ciencia pura y la aplicada. La importancia de este problema, está en su relación con la pregunta acerca de cómo surgen realmente las innovaciones industriales o productoras de bienestar. ¿Logran los descubrimientos hechos durante las investigaciones fundamentalmente “guiadas por la curiosidad” llegar inesperadamente a aplicaciones útiles? ¿O bien es necesario algún “fin” especificado que dé a la investigación básica la dirección requerida para alcanzarlo? Estos dos enfoques son a veces conveniente y respectivamente etiquetados como los modelos de innovación tecnológica “empuje hacia el descubrimiento” y “tirón-de-la-necesidad”; o bien cualquier conocimiento acumulado se abre paso hacia su aplicación, o la demanda percibida tira hacia la investigación apropiada. En el libro, *Wealth for Knowledge* (1972) de J. Langrish y otros, estas dos posiciones extremas son primero citadas y luego subdivididas, en ningún sentido como esquemas definitivos, sino más bien como base para demostrar que en la práctica “muy pocas [innovaciones] entran en cualquiera de los dos modelos mencionados”. Una declaración clásica de los modelos del empuje-hacia-el-descubrimiento—al parecer con el objeto de justificar la investigación pura— es la que hizo P. M. S. Blackett cuando era presidente de la Royal Society: “En forma esquemática simplificada, la innovación tecnológica de éxito puede describirse como aquella constituida por una secuencia de pasos relacionados uno con otro: ciencia pura, ciencia aplicada, invento, desarrollo, construcción de prototipos, producción, estudio de mercado, ventas y ganancias.” La opinión opuesta es expresada por J. H. Hollomon del U. S. Department of Commerce: “La secuencia —necesidad percibida, invento, innovación (limitada por factores políticos, sociales o económicos) y difusión o adaptación (determinada por el carácter organizativo y por el incentivo de la industria)— es una de las que encontramos más frecuentemente en la economía civil regular.” La

habilidad crítica de Langrish y sus colegas es importante porque destaca que estos esquemas alternativos son, necesariamente, flagrantes sobre simplificaciones de lo que realmente ocurre. Identificarse estrechamente con cualquiera de ellos sería caer en la trampa de confundir el modelo con la realidad, y pocos observadores creen actualmente que semejantes esquemas lineales puedan servir para algo más que guías muy simplificadas. Cuando se les analiza cautamente en esta forma, algunas de las investigaciones han sugerido de hecho que el tirón-de-la-necesidad es dos o tres veces tan efectivo como el empuje-hacia-el-descubrimiento, aunque se reconoce que los cambios tecnológicos más amplios tienden a ser del último tipo.

La mayoría de los estudios que se han hecho hasta la fecha muestran que las condiciones que promueven la innovación tecnológica se extienden en forma mucho más amplia que los virtuosismos científicos o técnicos. Al menos debe prestarse la misma atención a los factores externos que a los del laboratorio mismo. Por ejemplo, el reporte titulado *Technological Innovation in Britain*, publicado en 1968 por el Central Advisory Council for Science and Technology, encontró cinco factores de importancia extraordinaria:

1. La liga directa de las actividades de investigación y desarrollo con otras funciones de la empresa.
2. La planeación de programas de innovación sobre la base de investigación de mercados.
3. La presencia de una directiva orientada comercialmente así como técnicamente eficiente.
4. El logro de intervalos de tiempo cortos entre la iniciación de una investigación y el mercadeo del nuevo producto, y finalmente,
5. Una relación realista entre los costos de lanzamiento del producto, su capacidad de producción y el tamaño del mercado.

En una palabra, el énfasis está dado a la orientación comercial del proceso de investigación y desarrollo como un todo, lo que parece ser una clara defensa para el tirón-de-la-necesidad. (Esta conclusión fue la más asombrosa por el hecho de que el reporte mencionaba que la investigación básica era “la fuente de todo conocimiento”).

Una de las recomendaciones generales de la publicación del Advisory Council fue que algunos científicos y tecnólogos debían desplegarse en etapas de innovación distintas a las de investigación primaria y desarrollo, por ejemplo en producción y estudio de mercado. El sociólogo Joseph Ben-David dice, para dar mayor apoyo a las ventajas del tirón-de-la-necesidad, que la “relación de

los problemas económicos y tecnológicos con la investigación fundamental es más predecible que la que hay entre la investigación fundamental y una innovación tecnológica económicamente útil". Por consiguiente, "la forma óptima para incrementar los usos de la ciencia no es [...] seccionar proyectos según su supuesta promesa de aplicabilidad, sino incrementar la motivación y las oportunidades para encontrarle uso a la ciencia, y descubrir problemas prácticos que puedan estimular la investigación". Esto podrá lograrse mejor mediante una muy difundida y vigorosa interacción entre las ideas y los problemas del laboratorio y el mundo de la administración, una interacción a la que Ben-David ve como una función de *empresarios* que puedan explotar los adelantos teóricos de los científicos y someterlos a la atención de los tecnólogos y los directores, quienes reconocerán en ellos su potencial práctico. Esto es reconocer nuevamente la influencia estimulante de una diversidad de papeles y en este sentido no hay diferencia entre una política efectiva de la ciencia utilitaria y una política para la ciencia pura como la expuesta por Mulkay.

ASPECTOS POLÍTICOS Y ECONÓMICOS DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO

En la sección previa sobre tecnología y sociología de la ciencia ubicamos a las industrias de la aviación y del poderío nuclear como representativas de la interdependencia contemporánea entre ciencia y tecnología. Pero cualquier empresa masiva como ésta tiene necesariamente implicaciones que se extienden más allá del campo de la teoría y de la técnica, y es justamente en relación con esto que hemos llegado a hablar de los "imperativos de la tecnología" en la sociedad moderna. El creador de esta expresión fue el economista estadounidense J. K. Galbraith. En su obra germinal, *The new industrial state* (1966), Galbraith argumenta que son las demandas de la tecnología las que, más que ningún otro factor, determinan los mayores movimientos en la economía, la ciencia y en la sociedad en general. En los países capitalistas, sólo las grandes corporaciones de negocios tienen capacidad financiera suficiente para sostener la esencial pero riesgosa, investigación tecnológica y los programas de desarrollo, que son los únicos que pueden promover el cambio. El mensaje general de Galbraith ha sido adoptado ampliamente. Christopher Freeman, por ejemplo, asegura que:

para cualquier técnica dada de producción, transporte o distribución, hay limitantes de largo plazo

en el crecimiento de la productividad, que están determinadas tecnológicamente [...] Sin innovación tecnológica, el proceso económico cesaría en el largo plazo, y en este sentido se justifica que la consideremos como primaria.

El mismo Galbraith ataca lo que considera la anticuada imagen de la ciencia que todavía tienen muchos, una imagen que pudo ser satisfactoria en el siglo XIX, cuando era "producto de los esfuerzos individuales de hombres geniales", pero la cual es totalmente inapropiada para la ciencia moderna, que es "una nueva profesión altamente organizada, estrechamente ligada con la industria y el gobierno". Sus logros han sido realizados "tomando hombres ordinarios, informándoles estrecha y profundamente y después, por medio de una organización apropiada, facilitando que su conocimiento se combine con el de otros hombres especializados, pero igualmente ordinarios".

Las relaciones entre ciencia y gobierno destacadas por Galbraith y otros, se han vuelto cada vez más importante durante el siglo XX. La misma base de la economía "mixta" moderna implica una injerencia mayor de los gobiernos en las actividades de investigación y desarrollo. Durante los últimos 50 años ha habido un aumento de diez veces en el gasto total del gobierno, el cual en muchos países capitalistas equivale ahora a una cuarta parte del producto nacional bruto. Aunque las gigantescas corporaciones privadas pueden realizar investigación sustancial y actividades de desarrollo por su cuenta, si desean seguir siendo fuertes comercialmente a largo plazo deben estar también en posición de ejercer un control considerable sobre sus mercados (por medio de publicidad, investigación de mercado, etc.). En donde esto es imposible, o en donde los productos a desarrollar sólo tienen una salida de mercado (usualmente el gobierno), no hay alternativas para disponer de fondos públicos y sostener la investigación necesaria. Ésta es la razón por la que el diseño y la fabricación de *ítems* de aplicación militar o para otras aplicaciones estratégicas es tan ampliamente sostenida por las finanzas gubernamentales, aun cuando el trabajo en sí es a menudo llevado a cabo en los laboratorios y talleres de la industria privada. Así, en los Estados Unidos, país que desde la Segunda Guerra Mundial ha soportado la mayor parte de los gastos militares de Occidente, más de la mitad de los gastos del gobierno durante los años sesenta se hicieron para proyectos bélicos. Esto fue unas cinco veces mayor que el gasto hecho durante los años treinta. Durante los años setenta, en el despertar de la "victoria" norteamericana en la carrera hacia la Luna, la cantidad bajó nuevamente, pero

continúa siendo enorme en términos absolutos y en los años ochenta da señales de elevarse nuevamente como resultado de la política del gobierno de Reagan.

El complejo militar-industrial

La inevitabilidad de las relaciones del gobierno con la investigación científica y tecnológica en lo que se refiere a defensa nacional, condujo durante los últimos años sesenta, al surgimiento de un fenómeno conocido como complejo militar-industrial, el cual ha sido estudiado con mayor extensión en los Estados Unidos, aunque no por ello debe dejar de creerse que arreglos similares estén operando en todas partes (incluyendo a China y a la Unión Soviética). Las estrechas relaciones entre lo más avanzado en experiencia tecnológica y los requerimientos militares, han sido siempre un rasgo de una nación que se prepara para la guerra. Como lo señala Freeman, en el mundo moderno "la escala y complejidad de [...] la tecnología ha sido llevada a límites extremos en la investigación, diseño y desarrollo de la aviación militar, los misiles y las armas nucleares". Es su enorme tamaño y su poderío económico lo que desata un interés especial, ya que a pesar de reconocer que, en principio, cualquier empresa equivalente en magnitud y en sofisticación tecnológica podría ser suficiente como sustituto para un alto gasto relacionado con lo militar con objeto de mantener la salud de la economía capitalista, en la práctica no hay signos de alternativas comparables en el horizonte.

La extraordinaria dependencia sobre la llamada economía permanente de armas ha tenido algunas consecuencias importantes para la ciencia y la tecnología. Una que ha despertado considerable alarma es la forma como la tan alabada independencia de las universidades para realizar investigación "pura" ha sido erosionada por la progresiva inclusión de la ciencia académica dentro del ámbito del complejo militar-industrial. Proporciones significativas de la totalidad de los presupuestos de investigación de algunas universidades norteamericanas son proporcionados por el U. S. Department of Defense que funciona como el "cliente", contratando trabajos en laboratorios específicos. Al igual que el gasto militar generalmente, este estado de cosas alcanzó su cúspide en los años sesenta, pero debe decirse que desde ese momento ha encontrado cada vez más oposición y se ha intentado liberar nuevamente a la investigación académica de esa dependencia.

De mayor importancia cuantitativa era la tendencia a que los fondos gubernamentales fueran concentrados en un relativamente pequeño número de compañías contratistas. Por ejemplo, en 1968, unas dos terceras partes de los gastos de investigación del U. S. Department of Defense se concentraba en 100 contratistas (los que,

en esa época, incluían a dos prestigiadas universidades), de un total de más de 22 mil. Esto condujo a una alarmante dependencia de esas firmas respecto a las inversiones (de carácter militar) del gobierno, surgiendo así la llamada "relación cerrada", en la cual la mencionada investigación se convirtió, para algunos de ellos, en su única *raison d'être*. Una vez establecidas en esta forma, la existencia de compañías dependientes —meros satélites gubernamentales— ha tendido a ser justificada por la "necesidad" política de investigación sobre sistemas de armamento más sofisticados. Cuando se llega al punto en que cerca del 10% de la fuerza laboral estadounidense —incluyendo, claro, gran número de científicos e ingenieros— depende de presupuestos militares del gobierno, ya no se precisa de la "amenaza soviética" (o de su equivalente en otros países) para asegurar que la investigación sobre armas prosiga en gran escala.

Es obvio que esta situación provoca variadas cuestiones políticas y económicas altamente discutibles. Baste decir que existen considerables diferencias de opinión sobre la naturaleza de las relaciones entre la sociedad tecnológica y la creciente carrera armamentista. Para algunos, una industria bélica masiva representa el único componente público de gastos, capaz de regular la demanda y evitar ciclos catastróficos de inflación y desempleo. Para otros, la carrera armamentista es simplemente la consecuencia inevitable de la rivalidad internacional entre las grandes potencias, o sólo otro ejemplo de los "imperativos de la tecnología", que determinan los desarrollos militares en vez de responder a ellos. Cualquiera que sea la verdad, hay poco motivo de tranquilidad y mucho de inquietud.

Costos y beneficios

En esta sección nuestro interés se dirige hacia los más simples rasgos de la evaluación de la ciencia y la tecnología en términos económicos. Las nociones de *costo* y *beneficio* se confinan aquí a su aspecto económico exclusivamente.

Desde la Segunda Guerra Mundial, los gastos de investigación y desarrollo en los países industriales han crecido varias veces más rápidamente que los respectivos productos nacionales brutos. En Occidente, la nación líder a este respecto ha sido siempre los Estados Unidos, en donde en años recientes, entre el 2 y el 3 % del producto interno bruto se ha gastado en esa forma. Entre los países europeos occidentales, y en Japón, el porcentaje es algo menor (cuadro 2). Cuando estas cifras se traducen "objetivos políticos", se obtiene una idea aproximada de las prioridades nacionales. En el cuadro 3 se puede ver fácilmente que la prioridad principal

Cuadro 2. Recursos dedicados a la investigación y el desarrollo en los países de la OCDE como porcentajes del PIB.

	1963-1964	1971	1979
Estados Unidos	2.7	2.5	2.4
Gran Bretaña	2.3	2.3	2.2
Francia	1.7	1.8	1.8
Alemania	1.4	2.1	2.3
Japón	1.3	1.6	2.0

Fuente: OCDE Statistics, París, 1975 y 1981 (simplificadas).

en los países occidentales con mayor inclinación hacia la defensa de posguerra, ha sido la categoría seguridad y prestigio nacionales, que agrupa de modo evidente gasto militar con inversiones y programas nucleares. Sin embargo, entre 1960 y 1980, en la mayoría de los países ha aparecido una declinación en el gasto cuando es expresado en esta forma. En Alemania y Japón, con pequeños presupuestos de defensa, el gasto en "otras" categorías (incluyendo el "avance del conocimiento") ha sido excepcionalmente alto. El "milagro económico", especialmente en Japón, es razonablemente un reflejo del gasto sustancial dirigido específicamente a la investigación de orientación económica.

Nuevamente entre los países occidentales (y Japón) hay algunas diferencias en las proporciones de los gastos totales en investigación y desarrollo que son atribuibles a fondos de los gobiernos y de las industrias privadas respectivamente, aunque con similitudes aún más marcadas. El cuadro 4 muestra, en términos aproximados, qué sectores —el gobierno, la industria

privada u "otros" (instituciones de educación superior, fundaciones sin fines de lucro, etc.)— proporcionaron dinero para la investigación y el desarrollo, y qué sector lo gastó. Globalmente se puede ver que, juntos el gobierno y la industria proporcionaron la mayor parte del financiamiento, y que la industria ejecutó casi todo el trabajo. Mientras que las firmas privadas invierten su propio dinero en la investigación casi exclusivamente porque tienen confianza en que, a largo plazo, les volverá bajo la forma de innovaciones productoras de ganancias, los gobiernos están interesados en el lucro también, y además en factores estratégicos y políticos. Así, no es sorprendente que el apoyo para la investigación que no sea de mercado, como defensa, salud, agricultura y transporte, a menudo lo proporcionan los gobiernos por la única razón de que se considera socialmente necesario (esto es, en ausencia de iniciativa privada adecuada). El apoyo para la investigación "fundamental" (a menudo llevada a cabo en las universidades) es proporcionado también por los gobiernos porque se reconoce que proyectos a largo plazo e inciertos no pueden realmente ser financiados en forma privada; cualquier resultado productivo que se obtenga se considera un dividendo inesperado.

Ya que hemos planteado la escena general en términos de "costos", podemos plantear brevemente la cuestión de mayor interés; ¿están estos gastos de investigación tan sustanciales justificados por sus beneficios económicos? Globalmente y a largo plazo, no puede dudarse seriamente de que la investigación y el desarrollo son productivos. Desde el punto de vista de la empresa individual, el gasto en investigación

Cuadro 3. Porcentaje de aportación gubernamental para investigación y gastos de desarrollo (simplificados).

	Año	Seguridad y prestigio	Económicos de agricultura, etc.	Salud y bienestar	Otros
Estados Unidos	1960	89	3	7	1
	1970	78	7	11	4
	1980	74	3	19	4
Gran Bretaña	1960	80	11	2	8
	1970	49	22	1	28
	1980	80	61	10	21
Francia	1960	69	8	1	22
	1970	51	18	2	29
	1980	50	13	14	23
Alemania	1970	35	9	7	49
	1980	29	12	16	51
Japón	1960	13	33	3	51
	1970	10	23	4	63

Fuente: OCDE Statistic, París, 1971, 1975 y 1981.

Cuadro 4. Gastos de investigación y desarrollo por diferentes organismos en países de la OCDE como porcentajes del total (simplificados).

	Origen de los fondos			Destino de los fondos			
	Año	Gobierno	Industria	Otros	Gobierno	Industria	Otros
Estados Unidos	1969	57	38	5	17	070	13
	1979	49	46	5	14	68	18
Gran Bretaña	1968	51	45	4	25	67	8
	1979	41	43	16	21	64	15
Francia	1969	64	30	6	26	58	16
	1979	56	44	0	-	59	-
Alemania	1969	42	58	0	16	65	19
	1979	47	50	3	17	65	18
Japón	1969	28	60	12	11	61	28
	1979	17	59	24	12	58	30

Fuentes: UNESCO *Statistical Year Book*, Nueva York, 1971 y OCDE *Statistics*, París, 1981.

y desarrollo es una forma de inversión, y así como con cualquier otra inversión, ésta se hace con expectativas de beneficios futuros. La mayoría de los estudios econométricos de crecimiento (digamos, el ingreso per cápita) en los países industrializados identifican el *progreso técnico* como el factor individual más importante. Si el progreso técnico se manifiesta en innovaciones, y si el crecimiento económico se refleja en mejores niveles de vida, la relación entre investigación y desarrollo, por una parte, y los beneficios del consumidor, por la otra, parece haberse logrado. Sin embargo, en algunos casos específicos, una relación causal directa continúa siendo difícil de demostrar, ya que las relaciones entre gastos de investigación y tasa de crecimiento no son en ninguna forma simples. Un notorio análisis, basado en cifras nacionales sobre gastos de investigación y desarrollo y tasas subsecuentes de crecimiento, publicado por B. R. Williams en 1967, parece mostrar una relación *inversa* entre los dos. Así, durante el periodo 1950–1959, los Estados Unidos y Gran Bretaña gastaron casi tres veces en investigación, expresado como un porcentaje del PIB, de lo que gastaron Alemania y Japón y, sin embargo, crecieron mucho más lentamente (medidos en un intervalo de cinco años para permitir que se evidenciara los “beneficios”). Ya que nadie puede pretender que el crecimiento económico se logre directamente reduciendo los gastos de investigación, la explicación de sus relaciones debe de hallarse en otra parte. Como podría esperarse de lo que hemos dicho, básicamente se encuentra en los mucho mayores gastos militares (esto es, no-económicos) de los gobiernos de los Estados Unidos y Gran Bretaña. Pero existe también el hecho de que los resultados útiles de la investigación ajena son obtenibles inmediatamente por medio de la compra de

patentes, con las que se pueden difundir rápidamente las nuevas tecnologías por todo el mundo.

De cualquier forma, como dice Williams, la gráfica muestra en forma sustancialmente clara que los altos gastos de investigación y desarrollo no son por sí mismos una condición suficiente para el crecimiento económico (aunque parece que sí son una condición necesaria). Aun cuando estos gastos se limiten a investigación y desarrollo en los llamados “sectores económicamente motivados”, generalmente no tienen una correlación directa con las tasas de crecimiento. Por lo tanto, es claro que ningún modelo lineal simple del tipo:

investigación (inversión) – desarrollo – innovación –
producción – venta – mayores ganancias – mayor
inversión – mayor PIB

explicará las complejas redes de factores recíprocos que intervienen. La actividad innovadora no es en modo alguno el único factor esencial para el crecimiento y la obtención de ganancias. Se trata más bien de cuán adecuadamente *usa* un país sus adelantos científicos y tecnológicos con propósitos comerciales, y esto dependerá de juicios cualitativos respecto al mejor equilibrio entre una multitud de factores operativos de mercado. Tampoco es suficiente considerar únicamente las condiciones nacionales, ya que el mercado competitivo para los productos de alta tecnología es mundial.

Esta visión internacional es muy compleja, por no decir otra cosa. Los variados intentos que han hecho los economistas para medir la contribución de la ciencia y la tecnología en el crecimiento económico han tenido sólo un éxito limitado, aunque parecen proporcionar una

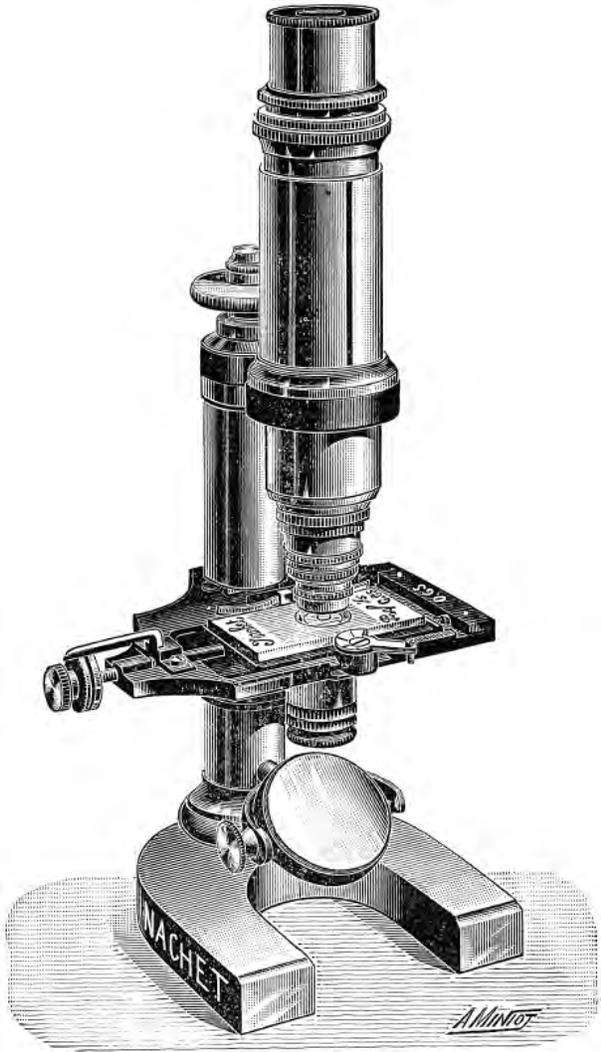
confirmación general de la casi universal *fe* en la eficacia de la actividad de investigación, mostrando que el crecimiento no puede ser explicado sin *su* contribución. Un problema difícil ha sido que las grandes variaciones en calidad y cantidad de la investigación entre las naciones han hecho que pierdan sentido muchas de las comparaciones llevadas a cabo. Así, mientras que el apoyo masivo de los gobiernos norteamericano, británico y francés a las altas tecnologías aeroespaciales y de reactores nucleares ha proporcionado poca evidencia de ventajas económicas resultantes, el mínimo compromiso del gobierno de un país pequeño como Holanda, que se especializa enormemente en electrónica sofisticada, no se ha reflejado en un estancamiento económico. Alemania y Japón, con modestos gastos militares después de la guerra, han gozado de crecimiento económico rápido y sostenido, mientras que Gran Bretaña, con el gasto de su disuasivo nuclear “independiente”, ha quedado gradualmente en la retaguardia. Se puede pensar que la relativa debilidad de Gran Bretaña en el siglo xx es en cierto modo una repetición de su experiencia del siglo xix cuando, tras un liderazgo industrial temprano, pronto fue rebasada por Alemania y los Estados Unidos, principalmente por su error de no invertir en tecnología nueva y mejorada. Después, en tiempos más recientes, los mercados “blandos” contruidos en el imperio y en el *Commonwealth* indujeron en la primera nación industrial una sensación de seguridad e invulnerabilidad totalmente injustificada. Algunos economistas especulan en que una experiencia similar le espera a los Estados Unidos. Mientras que las compañías norteamericanas continúen buscando ganancias invirtiendo en mercados extranjeros más accesibles, y mientras el desarrollo industrial económicamente orientado en ese país se retrase por la desproporcionada inversión de fondos y personal especializado dentro de la investigación militar, el país corre el riesgo de ser superado tecnológicamente por Alemania, Japón y otros.

Sea como fuere, la desafortunada realidad parece seguir siendo que la transferencia de una proporción significativa de los gastos de investigación de los gobiernos —de todos ellos— hacia problemas de tipo más valedero socialmente, espera no sólo la disponibilidad de métodos exactos de medida y predicción económicas, sino un cambio radical en el clima político internacional. Mientras tanto, la investigación y el desarrollo continuarán sirviendo a los caprichos de los gobiernos, y las naciones “tendrán la ciencia que se merecen”.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnes B. (comp.), *Sociology of Science*, Londres, Penguin, 1972.
- Ben-David J. “Scientific entrepreneurship and utilization of research” en Barnes, B., *Sociology of Science*, cit, pp181-186.
- Bernal J.D., *The social function of science*, London, Routledge, 1944.
- Blackett P.M.S., “Memorandum to the Select Committee on Science and Technology” en *Nature* 219, 1968, pp. 1107-1110.
- Blume S.S. (comp.), *Perspectives in the sociology of science*, Chichester, Wiley, 1977.
- Braun E., Collingridge, D. and Hinton, K., *Assessment of technological decisions-Case Studies*, London, Butterworths, 1979.
- Cardwell D.S.L., *Technology, science and history*, London, Heinemann, 1972.
- Carter C.F. and Wulliams, B.R., *Industry and technological progress*, Oxford, University Press, 1957.
- *Central Advisory Committee for Science and Technology. Technological Innovations in Britain*, London, Her Majesty's Stationery Office, 1968.
- Crane D. *Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*, Chicago, University Press, 1972.
- Costgrove S.F. y Box S., *Science, industry and society*, London, Allen & Unwin, 1970.
- Ellis, N.D. “The occupation of science” en *Technology and Society* 5, 1969 pp. 33-41.
- Freeman C., *The economics of industrial innovation*, London, Penguin, 1974.
- Galbraith J.K., *The new industrial state*, London, Penguin, 1966.
- Goldsmith M. and McKay A., *The Science of Science*, London, Penguin, 1966.
- Green K., and Morphet C., *Research and technology as economic activities*, London, Butterworths, 1977.
- Greenberg D.S., *The politics of american science*, London, Penguin, 1969.
- Hangstrom, W.O., *The scientific community*, New York, Basic Books, 1965.
- Hobshawm E.J., *Industry and Empire*, London, Penguin, 1969.
- Hollomon J.H., en Trybouth R.A. (comp.), *Economics of research and development*, Columbus, Ohio, University Press 1965, p.253.
- Johnson P.S., *The economics of invention and innovation*, London, Robertson, 1975.
- Langrish J., Gibbons M., Evans W.G., and Jevons F.R., *Wealth from knowledge*, London, Macmillan, 1972.
- Latour B., and Wolgar S., *Laboratory life*, Beverly Hills, Sage Publications, 1979.
- Merton R.K., *Science, technology and society in Seventeenth Century England*, Nueva York, Howard Ferting, 1970.
- ---“The institucional imperatives of science” en Barnes B., *Sociology of Science*, cit., pp-65-79.
- Mulkay M.J., *The social process of innovation*, London, Macmillan 1972.
- ---“Cultural Growth in Science” en Barnes S., *Sociology of Science*, pp. 126-141.

- ---*Science and the sociology of knowledge*, London, Allen & Unwin, 1979.
- Pevitt K. and Warboys M., *Science, technology and the modern industrial state*, London, Butterworths, 1977.
- Price D, de la Solla, *Little science, big science*, New York, Columbia, 1973.
- ---“Science and technology: distinctions and interrelationships” en Barnes B., *Sociology of Science*, cit. pp 166-180.
- Rose H., and Rose S., *Science and society*, London Penguin, 1960.
- Shapin S., “History of science and its sociological reconstructions” en *History of Science* 20, 1982, pp 157-211.
- Spiegel-Rosing I., and Price D, de la Solla, *Science, technology and Society*, London, Sage, 1977.
- Williams B.R., *Technology, investment and growth*, London, Chapman&Hall, 1967.
- Williams B.R. (comp), *Science and technology in economic growth*, London, Macmillan, 1973.



El criterio científico¹

En páginas anteriores describí una forma restringida de realismo, el realismo constructivo que, según afirmé, es conceptualmente coherente y no es ni vacío ni obviamente falso. En seguida trate de demostrar que este modelo realista encaja en un caso científico central, el uso de protones y neutrones como calas en la física nuclear experimental. Esta demostración soslayó todos los argumentos filosóficos de cajón que tratan de probar que las hipótesis realístamente interpretadas, aun cuando tengan sentido no tienen justificación posible. Mas adelante en este mismo capítulo, examinaré varios de esos argumentos.

El principal problema que ahora nos ocupara es diferente. No todos los modelos teóricos que los científicos aceptan actualmente como aproximadamente correctos estarán incorporados a la tecnología experimental existente. Esto suscita el problema de cómo *estos otros* modelos teóricos llegan a gozar de aceptación general. Lo deseable es una explicación naturalista en consonancia con el pensamiento actual de las cognoscitivas.

Dentro de las ciencias cognoscitivas, nuestro problema quedara bajo el encabezado general del criterio del hombre. Y, ciertamente, parte de la investigación en torno al criterio del hombre será pertinente a nuestros objetivos. Sin embargo, desde el principio me gustaría limitar el enfoque a un caso especial de criterio; a saber: *la toma de decisiones*. Así pues, nuestro tema no es el criterio científico en general, sino la toma de decisiones científicas.²

LOS CIENTÍFICOS COMO GENTE QUE TOMA DECISIONES

La principal razón que tengo para restringir el enfoque del criterio a la toma de decisiones es que existe un conjunto sumamente desarrollado de conceptos y principios para pensar acerca de la toma de decisiones. Para tratar del criterio en general no existen conceptos comparablemente bien desarrollados. Sin embargo, aunque la mayoría de los estudiantes de ciencia, y aun los historiadores y sociólogos hablan con naturalidad de que los científicos “eligen” una teoría o “deciden” que cierto modelo es correcto, los filósofos constituyen casi el único grupo que se haya tomado en serio la idea de aplicar los conceptos de la teoría de las decisiones al fenómeno de la elección de teorías en la ciencia. ¿Por qué ocurre esto?

La mayor parte de los escritos sobre teoría de la decisión se centran en lo que explícitamente se llama teoría “normativa” de las decisiones. Por lo tanto los textos pertinentes son parte del programa general de caracterización y justificación de un modelo de *elección racional*. La razón de que se enfoque este aspecto se ha de encontrar en el desarrollo histórico de la teoría de las decisiones a partir de la teoría de los juegos. Tal teoría fue originalmente parte de la economía matemática, y los economistas, como los filósofos, tradicionalmente se han preocupado sobre todo de los agentes racionales.³

Por otro lado, cualquiera reconoce cuando menos la posibilidad de usar los modelos teóricos para *describir* las decisiones que toma la gente de carne y hueso. Este enfoque descriptivo, si bien ha sido relativamente descuidado por parte de economistas y filósofos, constituye justamente el tipo de recurso que podría ser de utilidad en el estudio empírico de la ciencia, ya sea que

¹ Giere, RN. *La Explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo* Conacyt. Colección ciencia básica, México 1992 pp 173-206

² Entre las referencias de rigor están Nisbett y Ross (1980) y Kahnemann, Slovic y Tversky (1982). Quien se interese en revisiones recientes sobre el tema puede consultar a Einhorn y Hogarth (1981) y Pitz y Sachs (1984)

³ El tratamiento clásico es el de Von Neumann y Morgenstern (1944). Un texto muy conocido es el de Luce y Raiffa (1957).

lo realicen historiadores, filósofos, sociólogos o científicos cognoscitivos.

Una vez que comenzamos a pensar en los científicos como gente que toma decisiones caemos en la cuenta de que el científico típico toma diariamente docenas de decisiones de todo tipo. Desde esta perspectiva, la decisión de *aceptar* un modelo como aproximadamente representativo de cierta parte del mundo habrá de ser un acontecimiento insólito. Sin embargo, como este tipo de decisión es tan importante para la ciencia, y como ha sido objeto de una gran atención por parte de todos los estudiantes de la vida científica, en él concentraremos ahora nuestro interés.

Sin embargo, no podemos descuidar otro tipo de decisión. Esta decisión es la de *buscar* un tipo de modelo. Obviamente, la búsqueda es una cosa para los teóricos y otra muy diferente para los experimentalistas. Los teóricos persiguen una familia de modelos mediante la elaboración de su estructura formal. Los experimentalistas buscan modelos mediante el diseño y la ejecución de experimentos encaminados a probar su aplicabilidad a los fenómenos del mundo. Si bien es tal vez más común que la decisión de aceptar o rechazar un modelo, la de buscar un modelo no deja de ser algo relativamente raro. Con todo, constituye un acontecimiento muy importante en la vida de cualquier científico.

En atención a los lectores no familiarizados con la teoría de decisiones, empezaré con una exposición elemental de la estructura básica de los modelos de decisión simples. La *interpretación* deseada de estos modelos se introducirá cuando sea necesario. Solo más adelante trataremos de *identificar* casos particulares de tomas de decisiones que podrían ajustarse a estos modelos.

MODELOS DE DECISIÓN BÁSICOS

La mayoría de las explicaciones de la toma de decisiones, ya sean descriptivas o normativas, comparten un núcleo común: un modelo de la estructura de las decisiones. Si bien es extraordinariamente simple, el modelo es de gran utilidad.

El modelo básico consta de un *agente* y un *universo*. Se supone que el agente es capaz de diversas *acciones*, incluida la de elegir entre posibles cursos de acción llamados *opciones*. Para que se dé una decisión no trivial, el agente debe tener a su disposición cuando menos dos opciones diferentes. No habiendo opciones, no habrá decisiones que tomar.

Conforme a este modelo de toma de decisiones, el universo es como lo conocemos. Y lo que ocurre al agente depende de cómo es el universo. Para que la decisión

tenga alguna importancia, se supone que lo que ocurre al agente depende también de qué opción elija éste. Si el resultado de la elección es el mismo independientemente de lo que haga el agente, el problema de decisión nuevamente resulta trivial.

Además, el modelo presupone que el agente no es omnisciente. En particular, el agente no conoce la condición actual del mundo. Sin embargo, el modelo supone que el agente puede especificar cuando menos dos condiciones posibles del mundo. Así, aunque el agente desconozca en qué condición se encuentra actualmente el universo, si sabe de varios estados en que éste puede estar.

Este modelo simple de toma de decisiones impone importantes restricciones tanto al conjunto de opciones disponibles para el agente como a los posibles estados del universo. Ambos conjuntos deben formularse de suerte que sean a un tiempo *exclusivos* y *exhaustivos*. Es decir, el modelo supone que el agente está encargado de elegir una y sólo una de las opciones. Más aun, cualquiera que sea la opción elegida, el agente termina en uno y sólo uno de los estados asignados del universo.

La estructura del tipo más simple de decisiones no triviales permitido por este modelo puede verse en la matriz de la figura 1. Esta estructura aclara la noción del resultado de elegir una opción particular. Un resultado es una *díada opción–estado*. Es decir, consiste en haber elegido una opción específica en un universo caracterizado por uno de los estados posibles. De esta manera, la decisión representada en una matriz de dos por dos tiene cuatro posibles resultados. En general, una decisión con *m* opciones y *n* posibles estados tendrá *m x n* resultados posibles.



Figura 1. Estructura básica de una decisión.

La función de los valores en la toma de decisiones

El esqueleto del modelo representado en la figura 1 es de aplicabilidad muy limitada si no se le agrega el componente de los *valores*. Por lo tanto la teoría supone que al tomar decisiones los agentes lo hacen procurando satisfacer sus propios intereses, objetivos o valores. En este modelo, el componente de valor se expresa como una evaluación relativa de los *resultados*. Esto es, los valores del agente no se asignan directamente a las opciones.

nes o a los estados del universo, sino a dadas acción-estado. Lo que se valora es haber elegido una opción particular en un estado definido del universo. Por lo que toca al agente, el único resultado que importa es obtener el valor asociado a un resultado particular.

La evaluación de resultados puede adoptar varias formas diferentes. Una forma simple es un ordenamiento jerárquico lineal. Es decir, en términos más técnicos, que la jerarquización es cerrada y transitiva. El *cierre* significa que todo resultado esta jerarquizado. La *transitividad* significa que si el resultado *A* tiene una jerarquía mayor o igual que el resultado *B*, y *B* una jerarquía mayor o igual que *C*, entonces *A* debe tener una jerarquía mayor o igual que *C*. Una forma ligeramente más restrictiva de evaluación eliminaría la posibilidad de jerarquizaciones parejas o iguales; esto es, requeriría que todo resultado tuviera una jerarquía diferente.

Es interesante advertir que ni siquiera la teoría de decisiones *normativa* establece como debe evaluar el agente los resultados específicos. Mas bien, tan solo impone limitaciones generales, como el ordenamiento lineal a la evaluación relativa que el agente hace de los resultados. Así pues, incluso la teoría normativa de decisiones básicamente da por sentados los propios valores del agente.

Extensiones del modelo básico

El modelo de toma de decisiones hasta aquí presentado esta relativamente exento de controversia, aunque resulta gravemente incompleto. Por ejemplo, no provee ninguna estructura para incorporar información nueva del tipo que podría resultar de los experimentos. Sin embargo, si hemos de completar el modelo tendremos que internarnos en un terreno de disputas.

A continuación presentare una extensión del modelo básico que actualmente goza de popularidad entre los filósofos y los teóricos de la decisión: el modelo bayesiano de inferencia y toma de decisiones (Jeffrey 1965, 1983; Rosenkrantz 1977; Winkler 1972). En seguida considerare si la explicación bayesiana podría dar adecuadamente cuenta de cómo los científicos eligen sus modelos. Mi conclusión será que no puede hacerlo, a juzgar por las sólidas razones empíricas que nos brindan los experimentos.

LOS MODELOS DE DECISIÓN BAYESIANOS

Los modelos bayesianos pueden desarrollarse como extensión natural del modelo de decisión básico representado en la figura 1. Estos modelos postulan una estructura considerablemente enriquecida de las preferencias de

la gente en cuanto a los diversos resultados. En particular, se dice que la estructura de preferencia bayesiana de la gente es coherente. Esto es, el agente bayesiano se define como un agente con una estructura de preferencia coherente. La naturaleza de tales estructuras de preferencia coherentes por lo general se caracteriza de manera axiomática. En este caso procederé informalmente.⁴

Entre los requisitos aparentemente inocuos está que el ordenamiento de preferencias que hace el agente bayesiano para los resultados posibles, sea *transitivo*. Sin embargo, incluso este requisito al parecer tan razonable suele violarse en la vida cotidiana, como en el conocido juego de niños "tijeras, papel y piedra": las tijeras cortan el papel, el papel envuelve la piedra, pero la piedra rompe las tijeras.

Los requisitos que acaban realizando el grueso trabajo dependen de la idea de una *mezcla probabilística* de resultados. Esta consiste en una especie de lotería en

⁴ Para quienes prefieren los símbolos a las palabras, la siguiente es una versión de los axiomas y teoremas pertinentes (Winkler, 1972).

AXIOMA 1. (Comparabilidad) Para dos resultados cualesquiera, O_i y O_j , o bien O_i se prefiere a O_j u O_j se prefiere a O_i , o bien ninguna se prefiere a la otra.

AXIOMA 2. (Transitividad) Si O_i se prefiere a O_j , y O_j se prefiere a O_k , entonces O_i se prefiere a O_k .

AXIOMA 3. (Continuidad) Si O_i se prefiere a O_j , y O_j se prefiere a O_k , entonces existen dos *p*-mezclas (diferentes pes) de O_i y O_k tales que O_j se prefiere a la primera pero no a la segunda.

AXIOMA 4. (Admisibilidad) Si O_i se prefiere a O_j , entonces para cualquier otro resultado, O_k , la *p*-mezcla de O_i y O_k es preferida a la *p*-mezcla (misma *p*) de O_j y O_k .

AXIOMA 5. (Sustituibilidad) Si el agente es indiferente a la elección de los resultados O_j y O_k , entonces ellos pueden intercambiarse en cualquier problema de decisión.

AXIOMA 6. (Monotonicidad) Si O_i se prefiere a O_j , entonces la *p*-mezcla de O_i y O_j se prefiere a su *q*-mezcla si y sólo si *p* es mayor que *q*.

TEOREMA 1. Las preferencias del agente por los resultados se caracterizan por una función de utilidad $U(O_i)$, tal que:

- $U(O_i) \vee U(O_j)$ si y sólo si O_i se prefiere a O_j
- Si el agente es indiferente a la elección entre O_i y la *p*-mezcla de O_j y O_k , entonces $U(O_i) = p U(O_j) + (1-p) U(O_k)$.

TEOREMA 2. Existe una función *P* definida sobre los estados de la realidad *S*, *T*, *U*, etc. tal que:

- es menor o igual que $P(S)$ es menor o igual que 1.
- $P(S \text{ ó } T) = P(S) + P(T)$,
- $P(S \text{ ó } \text{No-}S) = 1$.

TEOREMA 3. El agente prefiere la opción *A* a la opción *B* si y sólo si $EU(A)$ es mayor que $EU(B)$.

que el agente elige entre un resultado de probabilidad p y otro de resultado de probabilidad $1-p$. Así, en lugar de enfrentarse a dos resultados definidos, el agente tiene, por así decirlo, un boleto para una lotería cuyos premios, de probabilidades p y $1-p$, son los resultados asignados.

Imaginemos un agente frente a tres resultados posibles numerados, en orden descendente de valor, 1, 2 y 3. Uno de los axiomas fundamentales del modelo bayesiano dicta que para cierta probabilidad estrictamente entre cero y uno el agente preferirá la mezcla probabilística de los resultados 1 y 3 a la certidumbre del resultado 2 en sí mismo. Este no constituye un requisito trivial. En verdad, ya desde los tiempos de Pascal se han discutido versiones de este requisito (Hacking 1975).

Para poner de manifiesto el significado de este axioma, supongamos que el agente es una persona normal como usted y que los tres resultados son (1) una vida larga y saludable; (2) una vida larga y saludable empañada tan solo por un ligero padecimiento crónico con cierta tendencia a las úlceras; (3) una vida larga con un dolor continuo y miserable. Consecuencia directa del axioma que nos ocupa es que existe cierta probabilidad inferior a la unidad de que usted prefiera la mezcla probabilística de 1 y 3 a la certidumbre de 2. ¿Será éste su caso? ¿No preferiría usted la seguridad del padecimiento leve a la probabilidad finita, sin importar que tan próximo a cero de una vida prolongada y miserable? ¿Por qué arriesgarse a sufrir algo terrible tan sólo por la probabilidad (no importa cuán próxima a la unidad) de obtener una ligera mejoría de la propia condición?

¿Por qué, entonces, los teóricos bayesianos postulan una estructura tan compleja y en cierto sentido tan contraria a la intuición, para las preferencias del agente? Porque la complejidad es necesaria para alcanzar la solución deseada de lo que generalmente se considera como el problema fundamental de la teoría de las decisiones. El problema es encontrar una función matemática que represente la opción racionalmente preferida sólo en función de la estructura de preferencias del agente. El que los axiomas en cuestión representen la función deseada es asunto de estricta comprobación matemática.

Un teorema intuitivo es que las preferencias del agente en cuanto a los resultados pueden representarse por una función de utilidad que posee las dos propiedades siguientes: primera, la utilidad del agente respecto del resultado 1 es mayor que la del resultado 2 siempre y cuando el agente prefiera 1 a 2. Segunda, si el agente es indiferente a la elección entre el resultado 2 y una mezcla probabilística dada de 1 y 3, entonces la utilidad asignada a 2 es igual a la suma de las utilidades de 1 y 3, es decir p veces la utilidad de 1 más $1-p$ veces la utilidad de 2.

Otro teorema prueba que las actitudes bayesianas del agente hacia los posibles estados del universo pueden representarse mediante una función probabilística. Esta función se interpreta luego como representación de los *grados de creencia* del agente en la realidad de los diversos estados posibles del universo.

Dada una función de utilidad para los resultados y una función de probabilidad para los posibles estados del universo, podemos definir la utilidad esperada por el agente respecto a cualquier opción. Esta es la suma asignada de las utilidades de los resultados asociados con esa opción, siendo las asignaciones las probabilidades asociadas a los estados correspondientes.

Finalmente, se sigue matemáticamente que el agente bayesiano preferirá la opción que tenga la mayor utilidad esperada. En otras palabras la elección racional de un agente bayesiano resulta ser la opción que maximiza su utilidad esperada. Operacionalmente, podemos imaginar que el agente fija sus preferencias de una manera coherente, calcula la utilidad esperada de cada opción usando su utilidad derivada y funciones probabilísticas, y luego elige la opción de mayor utilidad esperada.

El que podamos resolver matemáticamente el problema fundamental de decisión de una manera tan interesante y poderosa explica mucha de la fascinación que las estructuras de preferencia coherentes ejercen sobre los matemáticos, los economistas y los filósofos analíticos. Aun así, tarde o temprano nos enfrentaremos al problema de si tales modelos se aplican a la gente de verdad, como a los científicos de carne y hueso.

El papel de la información nueva

Hasta ahora no hay nada en el modelo fundamental de la toma de decisiones, ni en su variante bayesiana, que requiera que el agente sea científico, ni siquiera que sea un solo individuo. Podía ser igualmente un grupo, acaso todo un campo de la ciencia. Pero seamos algo más específicos e interpretemos el agente como un hombre de ciencia, digamos un físico nuclear experimental.

Supongamos, además, que nuestro hombre de ciencia esta considerando dos modelos diferentes y bien definidos de cierto proceso nuclear. Uno de ellos es un modelo "normal", S , y el otro un modelo "nuevo", D . Las opciones que se presentan a nuestro hombre de ciencia pueden entonces interpretarse como: (A) aceptar el modelo normal como la mejor representación del proceso, o (B) aceptar el modelo nuevo como la mejor representación del proceso. Los dos estados posibles del universo, entonces, son que o bien el modelo normal representa mejor el proceso actual, o que es el modelo nuevo el que mejor lo representa. El problema de decisión resultante se representa en la figura 2.

	N SE AJUSTA MEJOR	D SE AJUSTA MEJOR
ELEGIR N		
ELEGIR D		

Figura 2. Representación de un problema de decisión científica al elegir entre dos modelos.

Puede verse fácilmente que la matriz simple de dos por dos de la figura 2 bien podría ser insuficiente para representar la verdadera situación de decisión. El modelo de decisión bayesiano resultante supone que nuestro hombre de ciencia estará predispuesto a elegir uno u otro de los dos modelos aun sin contar con testimonio alguno. El científico bayesiano debe tener siempre preferencias coherentes respecto de los diversos resultados posibles. Así, a menos que las utilidades esperadas de las dos elecciones resulten ser exactamente iguales, el científico bayesiano podría elegir simplemente la opción con la mayor utilidad esperada y desentenderse de reunir mayores datos.

Sin embargo, el verdadero científico bien podría sostener que no toma decisión alguna en cuanto a cuál modelo representa mejor el proceso nuclear de que se trata. Ciertamente, podría afirmarse que el propósito de los experimentos que se están llevando a cabo es obtener información que contribuya a decidir la cuestión.

Podemos resolver fácilmente esta situación introduciendo una *tercera* opción, la de suspender el juicio relativo a la elección entre las primeras dos opciones. De hecho, fácilmente podríamos imaginar que esta tercera opción tiene la mayor utilidad esperada para el científico bayesiano. Pero, ¿cómo las pruebas nuevas se incorporan al problema de decisión de manera que una de las dos opciones pueda más tarde tener el mayor valor esperado? Lo hace modificando la función probabilística del científico bayesiano.

El teorema de Bayes

Para ver como los datos nuevos pueden alterar el problema de decisión tan sólo necesitamos extender ligeramente la función probabilística del agente para incluir los diversos estados posibles de datos adicionales a los posibles estados del universo. Entonces podemos definir la *probabilidad condicional*, $P(S/E)$, del estado en que S es el modelo correcto, en relación con el dato E . Esto se interpreta como el grado de creencia, por parte del científico, en que S representa el estado actual del universo, dado el dato E . La función bayesiana de probabilidad del científico comprende necesariamente

la siguiente versión del famoso teorema del reverendo Thomas Bayes:

$$P(S/E) = P(S) \times P(E/S) / P(E),$$

donde $P(S)$ representa el grado inicial de creencia del agente, o probabilidad *previa* de que S sea el estado verdadero del universo. La probabilidad posterior, $P(S/E)$, pasa a ser la probabilidad previa para los datos adicionales que se vayan a procesar. Así pues, la acumulación de datos científicos se refleja en las probabilidades del científico bayesiano según vayan evolucionando para los estados posibles del universo. A la larga, las utilidades esperadas de las opciones podrán cambiar en grado suficiente para que el científico bayesiano sea llevado a abandonar la suspensión de su criterio y a elegir como correcto alguno de los modelos propuestos.

Los modelos bayesianos de información

Muchos defensores filosóficos de los métodos bayesianos, como Jeffrey (1956, 1965, 1985) prefieren *no* considerar a los científicos como modelos de elección en cuanto a decidir que un modelo en particular se ajusta mejor al universo que cualquier otro. La razón de ello es que una vez que alguien ha decidido que un cierto modelo es el correcto, parecería que esa persona se viera obligada a considerar el modelo como correcto en cualquier otra situación. Sin embargo, esa persona sabe muy bien que el modelo elegido puede no ser correcto y, ciertamente, con anterioridad le asignó una probabilidad positiva a la eventualidad de que no lo fuera. Así, sería posible que el agente se encontrara en una situación nueva en que maximizar su utilidad esperada usando las probabilidades originales lo llevara a una elección, mientras que aceptar simplemente la hipótesis como verdadera (asignándole en efecto la probabilidad de uno) lo llevara a otra.

En general, pues, se afirma que los científicos, al desempeñar su papel como tales, no deberían elegir modelos sino simplemente asignar probabilidades a los correspondientes estados del universo. Estas probabilidades pueden entonces ser empleadas, ya sea por los propios científicos o por otras personas al tomar decisiones prácticas. A tales agentes los llamare *procesadores bayesianos de información*.

Nótese, sin embargo, que el modelo bayesiano de procesamiento de información no se libra de suponer que sus agentes tienen las preferencias sumamente estructuradas de los tomadores de decisión bayesianos. Incluso en el modelo de procesamiento de información los científicos toman decisiones, y al hacerlo maximizan

su utilidad esperada. Lo que los procesadores de información bayesianos no hacen es tomar decisiones sobre la verdad de las hipótesis mismas.

Uno podría objetar que el argumento original en contra de tomar decisiones acerca de los modelos mismos presupone una concepción demasiado simple de la relación que existe entre la ciencia pura y la aplicada. Bien podría ocurrir que los científicos, en el contexto de la ciencia "pura" provisionalmente "decidieran" cuál es el modelo correcto, pero que al pasar al contexto "aplicado" resurgieran las probabilidades pertinentes y procedieran a maximizar su utilidad esperada al igual que lo hace el procesador de información bayesiano.

El que los científicos, en cuanto tales, *deban* o no ser procesadores bayesianos de información ha sido un tema muy discutido por los filósofos de la ciencia (Levi 1967, 1980; Kyburg 1974; Giere 1976, 1977). No necesitamos proseguir este debate, pues existen ya cantidad de testimonios empíricos de que ningún modelo bayesiano se ajusta a los pensamientos o actos de los científicos de verdad. Demasiado tiempo han discutido los filósofos sobre cómo los científicos deberían juzgar las hipótesis, ignorando flagrantemente la manera como de hecho deberían hacerlo. Antes de pretender aconsejar sobre como se debería hacer algo, uno primero debería averiguar cómo se hace. Podría ocurrir que se hiciera mejor de lo que uno piensa. Tratar de seguir el consejo podría de hecho resultar contraproducente para el progreso científico.

¿SON LOS CIENTIFICOS AGENTES BAYESIANOS?

El interés generalizado contemporáneo por los modelos bayesianos empezó con la publicación de *Foundations of Statistics* (1954) de L.J. Savage. A principios del decenio de 1960 los psicólogos habían empezado a investigar la aplicación de los modelos bayesianos a la gente. Esa investigación ha seguido llevándose a cabo hasta el presente, cada vez con mayor intensidad. La conclusión apabullante es que los seres humanos no somos agentes bayesianos.

El paradigma de la bolsa de fichas de Poker

El primer paradigma experimental fue el de Ward Edwards y sus colaboradores de la Universidad de Michigan (Phillis y Edwards; 1966). Los sujetos eran estudiantes varones de licenciatura y para la prueba se usaban bolsas de tela cada una con mil fichas de poker rojas y azules. El experimento típico tenía dos bolsas, una con una proporción de 70–30 a favor de las rojas y la otra

con la misma proporción a favor de las azules. La bolsa se elegía arrojando al aire una moneda normal. Se examinaba a los sujetos para asegurarse que entendían que había la misma probabilidad de elegir una u otra bolsa. Empezaban entonces "muestreos" de la bolsa elegida, de una ficha por vez y con reemplazos. Para controlar los datos disponibles para los sujetos, los investigadores no les permitían muestrear por si mismos las bolsas, sino que les daban señales mediante el parpadeo de luces rojas o azules que representaban las fichas muestreadas. Después de recibir una porción de "datos" los sujetos ponían al corriente su evaluación de la probabilidad de que tuvieran la bolsa con la mayoría de fichas rojas distribuyendo 100 rondanas entre dos palitos, uno para cada uno de los tipos posibles de bolsa. Naturalmente, al principio ponían 50 rondanas en cada palito.

El resultado típico es el siguiente: después de obtener una sucesión aparentemente aleatoria de doce fichas con 8 rojas y 4 azules, las estimaciones de los sujetos en cuanto a la probabilidad de que estaban muestreando predominantemente la bolsa roja subió a entre 0.7 y 0.8. La probabilidad calculada usando el teorema de Bayes es de 0.97. A juzgar por los informes publicados, parece que ninguno de los varios cientos de sujetos expresó jamás una estimación tan alta.

En la figura 3 se muestran los resultados de un grupo de ensayos con un sujeto típico. En el eje horizontal se registra la diferencia entre las fichas rojas y las azules de la muestra. El eje vertical muestra la estimación que el sujeto hizo de la razón de la probabilidad entre tener la bolsa con mas fichas rojas y tener la bolsa con mas fichas azules. La línea inclinada representa esta razón calculada para un procesador de información bayesiano. Es interesante advertir que las estimaciones hechas por el sujeto sobre la razón de probabilidad, tales como las del agente bayesia-

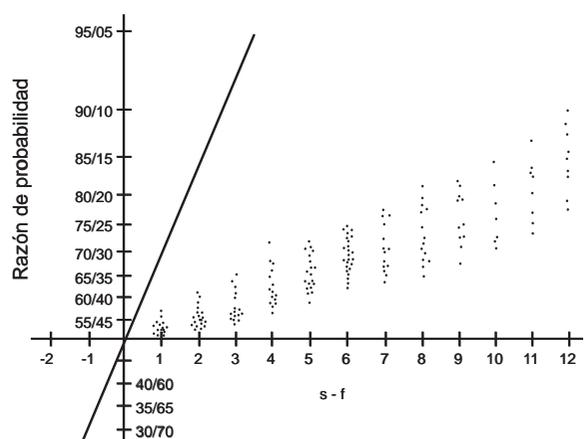


Figura 3. Respuestas de un solo sujeto a muestras aleatorias de una población binomial con una razón 70–30 de éxito–fracaso. Tomada de Edwards (1968).

no ideal, son aproximadamente lineales respecto de la diferencia entre rojo y azul. Sólo la pendiente es más pequeña. Esto indica que los seres humanos son de hecho bastante sistemáticos en su comportamiento no bayesiano.

Este tipo de experimento se ha intentado en muchas formas con resultados similares. La conclusión que se sacó originalmente de estos experimentos no fue que los seres humanos no son agentes bayesianos, sino que son sistemáticamente conservadores en el empleo que hacen de los datos para revisar sus juicios de probabilidad inicial. Es decir, en comparación con el agente bayesiano ideal, el ser humano no revisa sus juicios en la medida en que los justificarían los datos. Sin embargo, investigadores más recientes han sacado una conclusión más radical: "En su evaluación de los datos, el hombre al parecer no es un conservador bayesiano: no es bayesiano en lo absoluto" (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982, 46).

Violación de la regla de conjunción

Edwards (1968) refería que él y sus colegas pensaban en un principio que habría de ser bastante difícil demostrar los casos en que no hubiera adecuación con el modelo bayesiano. Les sorprendió encontrar una divergencia tan clara y sistemática respecto del modelo bayesiano en un contexto relativamente tan simple como el de muestrear fichas de poker sacándolas de una bolsa. Sin embargo, se han demostrado ya desviaciones considerables respecto del modelo bayesiano incluso en los juicios más simples posibles sobre las probabilidades de acontecimientos compuestos.

Kahneman y Tversky presentaron el siguiente problema a muy diversos sujetos entre los cuales había 1) estudiantes de licenciatura sin conocimientos de estadística; 2) estudiantes de posgrado en psicología y educación versados en estadística; y 3) estudiantes de posgrado muy avanzados en estadística, del programa de ciencia de la decisión de la Escuela de Comercio de Stanford (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982, 90-96):

Linda tiene 31 años de edad, es soltera, extrovertida y muy brillante. Obtuvo su licenciatura en filosofía. Cuando era estudiante estaba muy preocupada por la discriminación y la justicia social y participaba en las manifestaciones antinucleares.

Jerarquice los siguientes enunciados de acuerdo con su probabilidad, asignando 1 al más probable y 8 al menos probable.

- a) Linda es maestra de primaria (5.2)
- b) Linda trabaja en una librería y toma clases de yoga. (3.3)

- c) Linda es activista del movimiento feminista. (2.1)
- d) Linda es trabajadora social psiquiatría. (3.1)
- e) Linda es miembro de la Liga de Mujeres Sufragistas. (5.4)
- f) Linda es empleada de banco. (6.2)
- g) Linda es vendedora de seguros. (6.4)
- h) Linda es empleada de banco y activista del movimiento feminista. (4.1)

Los números entre paréntesis representan la jerarquía media asignada a las respuestas de todos los sujetos. Uno podría pensar que todos deberían darse cuenta de que la probabilidad de que dos acontecimientos ocurran juntos no puede ser mayor que la de cualquiera que ocurra solo. Y, naturalmente, es consecuencia inmediata de los axiomas de la probabilidad que para dos acontecimientos cualesquiera, A y B ,

$$P(A\&B) = P(A) \times P(B/A) = P(B) \times P(A/B).$$

Así pues, la probabilidad de la conjunción matemáticamente no puede ser mayor que la probabilidad de cualquier conjunto solo.

Sin embargo, la puntuación promedio del acontecimiento conjunto "Linda es empleada de banco y activista del movimiento feminista" asignada por los sujetos de este estudio es a todas luces mayor que la de uno de sus componentes, "Linda es empleada de banco." Además, por lo menos 85% de los sujetos juzgaron el acontecimiento compuesto como más probable que uno de sus componentes. Y, lo que tal vez resulta más sorprendente, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas de los tres grupos de sujetos. Ni siquiera haber tomado cursos avanzados de probabilidad y estadística pareció importar en este experimento.

Kahneman y Tversky tienen una explicación para estos resultados. Consiste en que al hacer este tipo de juicio, la gente se atiene a una "heurística de representabilidad". Es decir, ellos juzgan la probabilidad de las posibles situaciones presentadas en función de qué tan representativa juzgan a la persona descrita en relación con la clase de personas representadas. Y los juicios de representatividad tienen una estructura diferente que los juicios de probabilidad. En particular, agregar más pormenores a la descripción de una situación posible puede hacerla *más representativa* de una clase de situaciones aun cuando los pormenores agregados vuelvan necesariamente *menos probable* la situación dada.

Esta explicación fue puesta a prueba pidiéndole a un grupo de sujetos no experimentados que jerarquizaran las ocho situaciones "conforme al grado en que Linda parezca

ser un miembro típico de tal clase". Las jerarquizaciones promedio resultaron casi idénticas a las jerarquizaciones de probabilidad.

Este es sólo uno de los numerosos experimentos de este tipo. La violación de la regla de la conjunción, cualquiera que sea su explicación esta bien comprobada. Los seres humanos no somos naturalmente procesadores bayesianos de información. Ni siquiera una familiaridad considerable con los modelos probabilísticos parece ser generalmente suficiente para superar los mecanismos naturales del juicio, cualesquiera que estos puedan ser.

El diagnóstico médico

Podría esperarse que los científicos experimentados que operan en su propio campo de especialidad sean mejores bayesianos que los sujetos inexpertos o incluso que los sujetos preparados a quienes se les presentan ejemplos de todos los días. Sin embargo esta suposición al parecer no es acertada. En un experimento realizado en la Escuela de Medicina de Harvard, a 20 estudiantes de cuarto año, 20 residentes y 20 asistentes médicos, se les pidió responder a lo siguiente en entrevistas de corredor (Casscells y Cols. 1978, 999):

Si una prueba para detectar una enfermedad cuya prevalencia es 1/1000 tiene 5% de falso positivo, cuál es la probabilidad de que una persona con resultado positivo tenga realmente la enfermedad suponiendo que usted no sabe nada de los síntomas o signos de la persona.

Antes de seguir adelante, se invita al lector a dar su propia respuesta simplemente de la siguiente forma: elevada (más del 75%); mediana (alrededor del 50%); baja (menos del 25%).

Hubo respuestas entre 0.095% y 99%. Casi la mitad (27/60) respondió que 95%. La respuesta promedio fue de 56 por ciento. Sólo once de los 60 participantes —cuatro estudiantes, tres residentes y cuatro asistentes de médico— dieron la respuesta correcta que es ¡2 por ciento! La respuesta se basa en la suposición, que los experimentadores parecen haber dado por sentada, de que la prueba tiene un índice falso negativo de cero, es decir, que invariablemente detecta a la persona que en realidad tenga la enfermedad. Bajo este supuesto la respuesta correcta está dada mediante la simple aplicación del teorema de Bayes.

En la figura 4 se representa una explicación de la situación que resulta más gráfica que un cálculo algebraico. La prueba de diagnóstico en realidad separa a

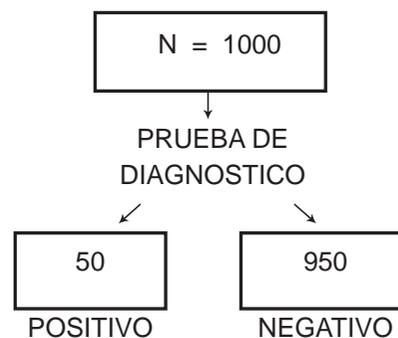


Figura 4. Representación de una prueba diagnóstica con falsos positivos de cinco por ciento.

la población en dos grupos, los de respuesta positiva y los de respuesta negativa. En virtud de que hay 5 por ciento de falsos positivos, se espera que 50 de 1000 miembros de la población que no padezcan la enfermedad acaban en el grupo positivo. Los otros 950 acaban en el grupo negativo. Si se supone que no existen falsos negativos, la única persona con la enfermedad terminará en el grupo positivo. Por lo tanto, la prueba desempeña una importante función diagnóstica. Antes de la prueba, la probabilidad de sacar a una persona enferma por selección al azar era tan sólo de 1/1000. Después de la selección, todo lo que se necesita es muestrear el grupo positivo. Entonces, la probabilidad de encontrar una persona enferma por muestreo aleatorio es de 1/50. La prueba de discriminación aumentó nuestras probabilidades de descubrir una persona enferma, por un factor de veinte. Éste es un gran incremento, aunque no tanto como lo cree la mayoría de la gente.

Este experimento se cita por lo general como ejemplo de la natural tendencia humana a pasar por alto la *frecuencia base* al juzgar probabilidades. En este caso, al considerar si una persona con resultado positivo tiene la enfermedad, uno tiende a pasar por alto la información de que, para empezar, sólo la padece una persona de cada mil. El hecho de que esta frecuencia base sea relativamente pequeña comparada con la proporción 1/20 de falsos positivos conduce a una estimación *burdamente* errónea.

La falacia de la frecuencia base

En el experimento mejor conocido de los que demuestran el olvido de las frecuencias base, realizado primeramente por Kahneman y Tversky en 1972 y repetido desde entonces muchas veces por estos y otros autores, se puso a los sujetos el siguiente problema (Kahneman, Slovic y Tversky 1982, 156-57):

Un taxi resulto involucrado en un accidente de colisión y fuga durante la noche. En la ciudad operan dos compañías de taxis, la Verde y la Azul. Usted dispone de la siguiente información:

- a) 85% de los taxis de la ciudad son verdes y 15% azules.
- b) Un testigo identificó el taxi como azul. El tribunal puso a prueba la confiabilidad del testigo bajo las mismas circunstancias que imperaban la noche del accidente y concluyó que el testigo identificaba correctamente cada uno de los dos colores 80% de las veces y fallaba 20%.

¿Cuál es la probabilidad de que el taxi involucrado en el accidente haya sido azul y no verde?

En la mayor parte de los experimentos con variaciones sobre este tema, la respuesta que se da más a menudo es 80 por ciento, que corresponde a la confiabilidad del testigo. La respuesta promedio es aproximadamente la misma. La respuesta "correcta", calculada mediante el teorema de Bayes con probabilidades iniciales iguales para un accidente con cualquier taxi, es de 0.41. La credibilidad del testigo es compensada por la baja frecuencia base de taxis azules. No obstante, el sujeto típico pasa por alto la frecuencia base y emite su juicio únicamente con base en la información relativa al testigo.

En una variación muy interesante sobre el experimento anterior, en lugar de las condiciones de (a) se da la siguiente información:

- a') Aunque las dos compañías son aproximadamente iguales en tamaño, en 85 por ciento de los accidentes de taxi intervienen los de la compañía Verde y en 15 por ciento los de la compañía Azul.

Esta información contiene la misma información de frecuencia base que la versión anterior. Sin embargo, las respuestas al problema varían mucho, y por lo general deja de pasarse por alto la frecuencia de base. La respuesta promedio se da alrededor de 60 por ciento, que resulta ser intermedia entre la respuesta correcta y la confiabilidad del testigo.

La interpretación más común de este último resultado es que las personas están más dispuestas a usar la frecuencia base si ésta puede ajustarse a un *esquema causal*. En este caso el esquema obvio no es más que la vaga idea de que hay algo en los taxis verdes o en sus conductores que ocasiona que tengan más accidentes que los azules.

Los esquemas causales

En una amplia gama de experimentos se ha verificado la importancia de los esquemas causales para el razonamiento de la vida diaria. Muchas de estas investigaciones se centran no en el razonamiento estadístico, sino en el fenómeno más general de la atribución causal, particularmente a agentes humanos (Nisbett y Ross 1980). Aquí nos centraremos en un ejemplo científico.

El siguiente problema (entre otros) se presentó a 165 estudiantes regulares de la Universidad de Oregon:

¿Cuál de los siguientes acontecimientos es más probable?

- a) Que una muchacha tenga los ojos azules si su madre tiene ojos azules.
- b) Que la madre tenga ojos azules si su hija tiene ojos azules.
- c) Ninguno de los dos. Ambos son igualmente probables.

Algo menos de la mitad de los sujetos dieron la respuesta "correcta", que es que los dos son igualmente probables. Entre los sujetos que respondieron de otra forma, fueron tres veces más quienes eligieron la respuesta correspondiente a la dirección causal normal: de madre a hija ((Kahneman, Slovic y Tversky 1982, 118-20).

En la interpretación normal de este tipo de experimento se distingue el razonamiento *causal* (de causa a efecto) del razonamiento *diagnóstico* (de efecto a causa). La gente parece sentirse naturalmente más cómoda con el razonamiento causal y otorgarle una mayor confianza. Aun cuando la información transmitida sea la misma en ambas direcciones los sujetos prefieren el razonamiento causal al diagnóstico.

Los modelos de información bayesianos, naturalmente consideran únicamente la información transmitida y, de tal suerte, pasan por alto la diferencia entre el razonamiento causal y el diagnóstico. Por lo tanto, he aquí un aspecto muy importante en que el ser humano no se ajusta al modelo bayesiano de información.

Los científicos no son agentes bayesianos

El típico hombre de ciencia moderno no es abiertamente un agente bayesiano. Los físicos nucleares, por ejemplo, nunca publican estimaciones de las probabilidades de que una hipótesis sea verdadera en comparación con otras. Tampoco es éste tan sólo el resultado del estilo obligado de las revistas científicas. Los científicos nucleares no hablan como bayesianos, ni siquiera en sus momentos informales. Quienes usan descriptivamente los

modelos bayesianos habrán de afirmar que los científicos son de hecho "bayesianos intuitivos" independientemente de lo que puedan decir y de la metodología de que sean partidarios. Es precisamente la pretensión de que los científicos típicos son bayesianos intuitivos lo que refutan los estudios empíricos arriba descritos.

Una manera de negar esta refutación es insistir en que los sujetos estudiados en estos experimentos no son representativos de la totalidad de los científicos. Sin embargo, esa es una línea de conducta muy difícil de mantener. En muchos de estos experimentos han intervenido sujetos con una preparación científica muy completa, incluso muchos con experiencia considerable en el uso de métodos de probabilidad y estadística. ¿Por qué los físicos, geólogos y biólogos habrían de ser diferentes? Ciertamente, la educación en las ciencias físicas por lo general *no* comprende cursos de estadística, inferencia ni muestreo estadísticos. Así pues, aunque ninguno de estos experimentos parezca haber sido realizado con científicos practicantes de la física como sujetos, no hay razón para sospechar que estos se habrían desempeñado de manera muy diferente.

Adviértase que esto no equivale a negar que los físicos entiendan la teoría de la probabilidad y la usen eficientemente. Los físicos nucleares, por ejemplo, son muy duchos en cuanto a realizar cálculos probabilísticos en el contexto de la mecánica estadística o de la teoría cuántica. Lo que se discute no es más que el que empleen el marco probabilístico al organizar sus propios juicios concernientes a las diversas hipótesis teóricas que intervienen en su investigación. Los hechos, aquí, nos dicen que no lo hacen así.

Un buen número de autores recientes han tratado de reconstruir casos *históricos* conforme a los lineamientos bayesianos (Dorling 1972; Rosenkrantz 1977, 1980; Howson y Franklin 1985; Franklin 1986). Y tales esfuerzos se encaminaban al parecer a explicar por qué los científicos hacían las elecciones que hacían. A la luz de la investigación anterior, dichas pretensiones o bien están equivocadas o no vienen a cuento. Los científicos, en cuanto a hechos empíricos, no son agentes bayesianos. Las reconstrucciones de episodios científicos reales conforme a lineamientos bayesianos, en el mejor de los casos demuestran que un agente bayesiano habría llegado a conclusiones similares a las alcanzadas en efecto por los científicos de carne y hueso. Algunas de esas reconstrucciones no da explicación alguna de lo que realmente aconteció. Por eso necesitamos otro tipo de explicación.

LOS MODELOS SATISFACCIONISTAS

Rechazar la explicación bayesiana de la teoría de la elección no significa abandonar toda explicación teórica de

la decisión acerca de cómo los científicos eligen uno u otro modelo. Significa simplemente que tendremos que emplear alguna forma descriptivamente más adecuada de llenar el modelo de decisión básico desarrollado con anterioridad. Un buen candidato de empleo mejor fue desarrollado hace cuarenta años por Herbert A. Simon en el contexto de la administración de empresas (Simon 1945, 1957, 1979, 1983; March y Simon 1958).

La racionalidad limitada

Simon comenzó por considerar un modelo de agente idealmente racional como el usado en la economía clásica. Tal agente es idealmente racional en dos sentidos. Primero, conoce todas las opciones que físicamente (o incluso lógicamente) se le presentan, y conoce todos los estados físicamente (o incluso lógicamente) posibles del universo que pueden ser pertinentes a su decisión. Segundo, como el agente bayesiano, tiene una estructura de preferencias coherente, por lo tanto, es capaz de calcular la utilidad esperada de cada opción y, por ende, de determinar la opción con máxima utilidad esperada. El agente racional de la economía clásica es alguien que *maximiza*.

La estrategia que Simon usó para entender las organizaciones humanas fue observar como estructuran las decisiones de los individuos dentro de la organización. Con todo, los requisitos que se imponen al "hombre económico" le parecieron demasiado graves. El "hombre administrativo" no puede ser totalmente racional como lo requerirían los modelos económicos recibidos. Para entender al hombre administrativo, Simon desarrolló un modelo de agente administrativo que opera bajo condiciones de lo que él dio en llamar *racionalidad limitada*. Su racionalidad está limitada justamente en los aspectos que caracterizan a los agentes económicos racionales.

En primer lugar los agentes administrativos operan con un conjunto muy restringido de opciones y estados posibles del universo.

De una manera general tales son las opciones y estados que presenta la situación inmediata de los agentes. En segundo, los agentes administrativos rara vez son capaces de construir una estructura coherente de preferencias para los resultados posibles de sus problemas de decisión. En general, tampoco son capaces de calcular la utilidad esperada para cada resultado. Pueden, sin embargo, distinguir entre los resultados "satisfactorios" y los que no lo son. En ciertos casos pueden jerarquizar todos los resultados. Rara vez pueden definir una función de utilidad cardinal sobre los resultados.

En resumidas cuentas, a diferencia de los agentes económicos clásicos, los agentes administrativos están sujetos a limitaciones en sus capacidades para reunir, almacenar y procesar información concerniente a su

contexto inmediato de toma de decisiones. Por lo tanto, no pueden ser maximizadores. Entonces, ¿cómo pueden tomar decisiones los agentes racionalmente limitados? Pueden hacerlo por cuanto son *satisfaccionistas*.

El satisfaccionismo

Supongamos que un agente ha clasificado todos los resultados de un problema de decisión ya sea como "satisfactorios" o "no satisfactorios". Por lo tanto resulta sencillo investigar las opciones para ver si alguna tiene un resultado satisfactorio para cualquier estado posible del universo. A toda opción así se la designa como opción satisfactoria. Si existe exactamente una opción de tal tipo, el agente limitadamente racional la elige. Sin embargo, no hay garantía de que ninguna opción sea satisfactoria o de que no haya más de una opción satisfactoria. En tal virtud, sigue siendo incompleto el modelo de un satisfactor.

Para empezar por el caso más fácil, ¿qué ocurre si existe más de una opción satisfactoria? Pues bien, si todas y cada una de las opciones son satisfactorias, no será importante para el agente cuál sea la que elija. Igualmente podría elegir mediante cualquier método, como el de tomar la primera de la lista. O bien aquella cuya descripción sea más breve. Para que la elección sea menos arbitraria se requiere más información de entrada en el problema de decisión.

Supongamos, pues, que el agente es capaz de proporcionar una estricta jerarquización de todos los resultados posibles. Entonces los resultados satisfactorios pueden definirse como aquellos con una jerarquía dada o por encima de ella. Esta jerarquía, por analogía con la noción psicológica de "nivel de aspiración", recibe el nombre de *nivel de satisfacción*. Con esta estructura adicional al problema, la estrategia más simple para eliminar opciones satisfactorias superfluas es que el agente eleve su nivel de satisfacción hasta que todas las opciones, salvo una, hayan sido descartadas como insatisfactorias. El ordenamiento jerárquico estricto de los resultados es suficiente para garantizar que se encontrará una opción singularmente satisfactoria. Esta simple estrategia concuerda con el hallazgo psicológico de que el hombre tiende a elevar sus aspiraciones siempre que resulta fácil satisfacer sus deseos actuales.

Entonces, ¿qué ocurre si no existen opciones satisfactorias? En tal caso el agente tiene varias salidas posibles. Una de ellas es simplemente reducir su nivel de satisfacción hasta que alguna opción se vuelve satisfactoria. Esta estrategia tarde o temprano ha de tener éxito, siempre y cuando el agente pueda jerarquizar rigurosamente los resultados. Y concuerda con el hallazgo psicológico de

que los individuos tendemos a disminuir nuestras aspiraciones cuando nos resulta difícil satisfacer nuestros deseos.

Pero, ¿qué ocurre si el agente no desea disminuir su nivel de satisfacción? En este caso, puede proceder a buscar nuevas opciones. Al ampliar su conjunto de opciones, el agente puede descubrir una opción hasta entonces pasada por alto que, en efecto, resulta satisfactoria. No obstante esta estrategia no necesariamente tendrá éxito. Si el agente ha de hacer una elección, puede ser que tenga que disminuir su nivel de satisfacción.

Finalmente el agente puede buscar nueva información sobre las posibles relaciones entre las opciones, los estados y los resultados. Tal vez pueda descubrir que algunos resultados, insatisfactorios por lo demás, no ocurrirán, son físicamente imposibles o cuando menos sumamente improbables. Este proceso bien puede servir para convertir una opción insatisfactoria en una satisfactoria.

En general, podría decirse mucho más acerca de las estrategias de satisfacción, pero las elaboraciones ulteriores podrán apreciarse mejor en el contexto más concreto de la elección de modelos científicos.

¿Somos satisfaccionistas los seres humanos?

Como hemos visto, existen amplias pruebas experimentales de que las personas, incluso las versadas en ciencia, en general no son agentes bayesianos. ¿Existen pruebas similares de que sean satisfaccionistas? Por desgracia, no. Este problema simplemente no ha sido sometido a pruebas experimentales del tipo empleado con el modelo bayesiano. Los economistas no realizan este tipo de investigación y los psicólogos no se han familiarizado lo suficiente con los modelos satisfaccionistas como para que les preocupe su aplicabilidad. Naturalmente, esto quiere decir también que no existen testimonios concluyentes contra la aplicabilidad de los modelos de satisfacción; pero esto no significa un gran alivio.⁵

El principal uso de los modelos de satisfacción, a cargo de Simon y sus colaboradores, se ha dado en la investigación en torno a la solución de problemas en el ser humano (Newell y Simon 1972). Un buen ejemplo

⁵ No deja de ser sorprendente que los modelos satisfaccionistas no sean más estudiados por los economistas o los psicólogos (¡o por los filósofos!). La excepción es Wimsatt (1980). Ello se debe en parte a que los modelos satisfaccionistas no se prestan a un tratamiento matemático autónomo como el que define a los agentes bayesianos. La caracterización matemática del satisfaccionismo es relativamente trivial. Todo lo que resulta de interés está en las aplicaciones.

de este tipo de investigación es el estudio del juego de ajedrez en novatos y expertos. Salvo cuando el fin de la partida está ya muy cerca, el número de continuaciones posibles en ajedrez es tan grande que impide explorar la estructura arbórea completa aun cuando se disponga de las computadoras más potentes. Por supuesto, los verdaderos jugadores de ajedrez no investigan toda la estructura arbórea de combinaciones posibles hasta encontrar la jugada óptima. En cambio, según Simon, estudian sólo unas cuantas jugadas (cuando mucho diez). Su investigación generalmente no termina al encontrar la jugada óptima, sino simplemente cuando descubren un movimiento *satisfactorio*. La jugada será satisfactoria no después de estudiar exhaustivamente sus posibles consecuencias, sino tras la aplicación de reglas heurísticas de dedo, y mediante el auxilio del recuerdo de partidas similares que ya se han jugado. Una de las principales diferencias entre los novatos y los expertos es sencillamente que estos tienen un archivo mucho mayor de partidas del cual echar mano.

Las pruebas de que este es el modelo correcto del comportamiento ajedrecístico son de diversas clases, una de ellas consiste en entrevistas y testimonios de lo que los jugadores "piensan en voz alta". Otra es la simulación por computadora. Este último método consiste en elaborar programas de computadora usando principios satisfaccionistas y poniendo en marcha el programa para ver si puede simular el comportamiento ajedrecístico de un jugador. En ambos casos el testimonio es alentador, aunque probablemente no sea concluyente.

Por lo tanto, no podemos concluir simplemente que los científicos sean satisfaccionistas (es decir, que se comporten conforme a modelos de satisfacción) a partir de que la gente en general lo sea. El caso de los científicos habrá de considerarse por separado.

La racionalidad limitada y las actividades cognitivas naturales

Toda vez que a Simon le preocupa la *racionalidad*, bien que limitada, podría pensarse que su modelo no es adecuado para ningún enfoque "naturalista" a la elección de modelos en la ciencia. Sin embargo, esto de ninguna manera es así. Simon usó el término "racionalidad" al elaborar su teoría, porque empezó con modelos económicos tradicionales que definen a los agentes racionales. Sin embargo, su manera de entender la racionalidad no tiene ninguna de las connotaciones categóricas últimas que se hayan en los usos filosóficos del concepto. Para Simon, el comportamiento racional no es más que una conducta dirigida hacia la obtención de metas particulares. Mientras más eficiente sea un comportamiento

en cuanto a lograr las metas del agente, más racional será. En resumidas cuentas, a Simon le interesa simplemente la racionalidad "condicional" o "instrumental". Nada se pierde si abandonamos el término "racionalidad" así como todas sus connotaciones indeseables y hablamos simplemente de actos del hombre dirigidos a la consecución de metas específicas. Esto no es más que un tipo de actividad natural cognoscitiva.

Existe, en efecto, un marcado paralelo entre el proyecto de Simon y el de este capítulo. Simon fue orillado a su concepción de satisfacción por haber encontrado que los modelos económicos normales de la decisión racional simplemente no se aplicaban a los casos reales de toma de decisiones por parte de los administradores y otras personas que toman decisiones. Yo he tenido que considerar las ventajas del enfoque de la satisfacción al menos en parte porque algunas explicaciones prominentes de la elección racional de teorías, que son muy semejantes a los modelos económicos estándares de la racionalidad, no parecen aplicarse al verdadero proceso de elección de teorías por parte de los científicos. El asunto es la propiedad con que funciona el modelo de Simon en el contexto científico.

LOS CIENTÍFICOS COMO SATISFACCIONISTAS

Readaptemos ahora el modelo de Simon, interpretando sus agentes como científicos, por ejemplo los físicos nucleares, que tratan de elegir entre varios modelos de un tipo de sistema natural, digamos núcleos atómicos con espín intrínseco cero. Igual que antes, supongamos que existen solamente dos modelos así, uno "estándar", *S*, y otro "nuevo", *D*. Daré por supuesta la interpretación realista de los estados posibles del universo. Estos son: 1) que los sistemas reales de que se trata son similares (en ciertos aspectos y grados) al modelo estándar, o 2) que son semejantes (en ciertos aspectos y grados) al modelo nuevo. Interpretemos respectivamente las opciones como: a) concluir que el modelo estándar es más semejante al universo, o b) concluir que el modelo nuevo es más semejante al universo. La matriz resultante de dos por dos es la que ya se mostró en la figura 2.

Valores e intereses

Una consecuencia inmediata y muy importante de pensar sobre la elección de modelos teóricos en el marco teórico de las decisiones es que desde el principio es clara la necesidad de habérselas con valores o intereses. Un modelo teórico de decisión requiere justamente que exista un juicio de valor asignado a los resultados de la

matriz de decisión. Así pues, no hay duda sobre *si* los valores intervienen en la elección de los modelos científicos; ni siquiera la hay en cuanto a *cómo* lo hacen: en todo caso deben asignarse a los resultados de la matriz de decisiones. El único problema consiste en *qué* valores se empleen.

Cuando hablamos acerca de decisiones por parte de los científicos, los valores que intervienen serán aquellos del científico que tome la decisión. Pero ciertamente no todos los valores son idiosincrásicos. Muchos son adquiridos a través de procesos de aculturación y profesionalización.

Si se observan los resultados de la figura 2, se verá que existen dos posibles resultados que corresponden aproximadamente a la decisión "correcta". Estos son, por un lado aceptar el modelo estándar si se ajusta al universo y, por el otro, aceptar el modelo rival si es éste el que se ajusta. Los otros dos resultados representan "errores": haber aceptado un modelo como adecuado cuando en realidad es el otro el que mejor se ajusta.

Los filósofos que han concebido la aceptación de hipótesis en función de la teoría de decisiones, han introducido la noción de valor epistémico o científico (Hempel 1960; Levi 1967, 1980). Sin embargo, no han llegado a mayor acuerdo sobre qué sean los valores epistémicos, salvo por la verdad. Los científicos, según se dice, valoran la verdad por sobre el error.

Prefiero hablar de la semejanza entre el modelo y el universo que sobre la verdad de los enunciados, pero en este caso la intención es la misma. Y, ciertamente, mi formulación del problema de decisión hace difícil imaginar cómo científico alguno podría preferir cualquiera de los errores a cualquiera de los resultados correctos. "Con mi país, aunque este equivocado" es una frase de virtud patriótica. Pero "con mi modelo, aunque se equivoque" no puede ser una frase de virtud científica. Ningún científico aceptaría un modelo por ser claramente una representación mejor de ciertos aspectos del universo, adoptando, no obstante al otro modelo como mejor representación de esos mismos aspectos. Si aceptamos que la ciencia es una actividad representacional al menos nos comprometemos hasta este grado en el sendero de la evaluación de resultados en los problemas de decisión.

Al menos que introduzcamos otros valores de cierto tipo, nos quedaremos con el modelo del buscador desinteresado de la verdad atrapado por las normas mertonianas. Un científico así valoraría los resultados correctos más que los errores, pero sería indiferente a la elección entre dos resultados correctos (y supuestamente también lo sería puesto a elegir entre dos errores).

Los sociólogos de la ciencia a últimas fechas concuerdan por lo general en que el científico mertoniano desin-

teresado es un mito. Pero, ¿qué significa esto por lo que respecta a nuestra matriz? Significa que los científicos no valoran igualmente las dos decisiones correctas ni perciben con la misma ansiedad los dos errores. Es decir, que el científico preferirá normalmente que se acepte un modelo en lugar de otro y temerá más cometer un tipo de error que otro. Esto quiere decir que los científicos deben tener otros intereses además de su interés por estar en lo cierto.

Los filósofos han perseguido tradicionalmente estos valores adicionales entre virtudes científicas tales como la sencillez, la precisión y la amplia aplicabilidad. Incluso Kuhn (1977, cap. 13) ha conferido últimamente a estas virtudes una función importante, bien que no lo determine, en la elección de teorías. Los sociólogos de ahora atienden a intereses profesionales y otros más amplios. La pericia y el prestigio profesional del científico pueden ir envueltos en un tipo de modelo. Igualmente los científicos pueden preferir un tipo de modelo sobre otro a causa de que encaje mejor en sus compromisos sociales o metafísicos más generales.

Una de las elecciones generales más importantes de la reciente investigación sobre el juicio del hombre (Nisbett y Ross 1980) es que las personas distinguen muy pobremente entre los diversos factores que influyen en su juicio. Como los científicos tienen obviamente tanto intereses profesionales como sociales, cualquier modelo de toma de decisiones científicas que restringiera la consideración a algún conjunto supuesto de "valores científicos" tendría poca oportunidad de ajustarse a los actos de los verdaderos científicos. Y no es que se deban pasar por alto las supuestas virtudes "científicas". Simplemente deben ocupar su lugar junto a otros tipos de valores o intereses.

Impugnar los intentos de segregar supuestos valores científicos respecto de otros tipos de intereses está en gran consonancia con el espíritu de los modelos de satisfacción en la toma de decisiones. Así como nuestro modelo de toma de decisiones científicas no puede hacer exigencias descabelladas a la capacidad de los científicos para reunir y asimilar información, tampoco puede hacer exigencias descabelladas a la capacidad de los científicos para distinguir influencias de todos los distintos valores e intereses que indudablemente influyen incluso en las decisiones científicas "más puras".

El científico de mente mínimamente abierta

Hasta aquí, nuestro modelo de toma de decisiones científica considera al científico que valora más los resultados correctos que los errores, pero por lo demás es libre de asignar cualquier jerarquía o medida a los resultados de la matriz de decisión. Sin embargo, esta libertad no es congruente con las estrategias de satis-

facción. Aplicar una estrategia de satisfacción impone la restricción adicional de que los resultados que representan decisiones correctas sean considerados como *satisfactorios*, en tanto que se consideran *insatisfactorios* los que representan decisiones incorrectas.

Esta no es una restricción trivial. Podemos imaginar a un científico cuya carrera y habilidades estén tan ligadas a un cierto modelo que rechazarlo haría imposible que continuara ejerciendo su profesión. Un científico así bien podría considerar que ningún resultado relacionado con la aceptación del modelo rival puede ser satisfactorio. El único resultado satisfactorio es aceptar el modelo favorito. Esto podría retratar el caso de famosos "reacios" como Priestly, quienes siguieron aceptando su antiguo [modelo] mucho después de que la mayoría de sus colegas lo habían abandonado.

	S SE AJUSTA MEJOR	D SE AJUSTA MEJOR
ELEGIR S	Satisfactorio	No satisfactorio
ELEGIR D	No satisfactorio	Satisfactorio

Figura 5. Problema de decisión de un satisfaccionista de "mente abierta" que elige entre dos modelos.

No consideremos irracionales a estos científicos sino simplemente de *mentalidad cerrada*. Lo que ocurre es que no pueden tolerar que su modelo preferido sea impugnado. Por el contrario, el científico de mente mínimamente abierta será aquel que cuando menos considere como "satisfactorios" ambos resultados correctos. Esto no quiere decir que valore por igual ambos resultados correctos. El científico de mente abierta no necesita ser absolutamente desinteresado. Si suponemos una escala cardinal para los resultados, el científico de mente abierta asignara un valor relativo mucho mayor a uno de los dos resultados correctos, pero no obstante considerara el otro resultado como "satisfactorio". En la figura 5 se muestra la matriz de decisión resultante correspondiente a un satisfaccionista de mente abierta.⁶

Como está, la matriz de decisión de la figura 5 no tiene opción satisfactoria. El resultado de cada opción es insatisfactorio. Reducir el nivel de satisfacción, evidentemente, no es la solución. Con todo, pueden buscarse

otras opciones. Y, ciertamente, la situación podría remediarse superficialmente introduciendo la opción adicional de suspender el juicio. El modelo resultante de toma de decisiones bien podría reflejar ciertos contextos científicos, pero evidentemente no puede aplicarse a todos. Los científicos no siempre pueden suspender el juicio, o de lo contrario nunca se preferiría una teoría respecto de otra. Necesitamos un modelo de decisión científica que al menos nos permita elegir entre opciones esenciales.

La estrategia que queda para enfrentar un problema de decisión para el que no existe opción satisfactoria es la de buscar información nueva. Ésta es evidentemente una estrategia pertinente en el contexto científico. El problema es determinar qué tipo de datos se requieren y de qué manera modifican el problema de decisión haciendo de la elección de un modelo una opción satisfactoria.

Cognición e intereses

Las anteriores consideraciones nos muestran que no necesita existir conflicto entre la teoría cognoscitiva de la ciencia y las teorías del interés asociadas con la escuela de Edimburgo. En realidad, el enfoque de la teoría de decisiones al estudio del juicio científico nos brinda una manera de conferir estructura y precisión a las explicaciones de los acontecimientos científicos que se apoyan en los "intereses". De esta manera, lo hasta aquí planteado puede considerarse como una forma de teoría del interés.

El conflicto surge por virtud de doctrinas que se han asociado con teorías del interés, pero que no son *esenciales* para la teoría del interés en cuanto tal. Estas doctrinas son el antirrealismo y el relativismo. Sin embargo, no es esencial para la teoría del interés que no exista nada como una decisión representacionalmente correcta, ni que los científicos no tengan interés en acertar desde el punto de vista representacional. Lo esencial es que los hombres de ciencia tengan también otros intereses y que estos desempeñen un papel importante en sus decisiones. Según entiendo, una teoría cognoscitiva de la ciencia no necesita negar la importancia de estos otros intereses. Si lo hiciera, no podría ser una teoría adecuada.

LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Como lo ha recalcado Hacking (1983), la experimentación no tiene un propósito único. Algunos experimentos se llevan a cabo simplemente para poner a prueba instrumentos nuevos. Otros, simplemente para medir algo que no se había medido antes. Pero, en ocasiones, los experimentos se emprenden, al menos en parte, con

⁶ La expresión *mente abierta* fue usada por primera vez en un contexto similar por Abner Shimony (1970), quien la hizo parte de su "personalismo moderado" de que a ninguna hipótesis se le asigne una probabilidad previa de uno o cero.

el propósito explícito de *poner a prueba* modelos rivales. Cuando esto ocurre, ¿cuál es la relación entre el resultado del experimento y las decisiones sobre la relativa adecuación de los modelos rivales?

Todo arreglo experimental constituye un sistema causal. Cuando menos ciertas partes del sistema deben presentarse a la manipulación directa y física de parte de los experimentadores. Asimismo el proceso debe tener una gama conocida de resultados posibles, la cual esté limitada por la naturaleza física del propio arreglo experimental. Una abstracción útil es concebir las partes del proceso que puedan manipularse como las *entradas* (o condiciones iniciales) del experimento, y los resultados como *salidas* (o condiciones finales).

La relación entre los modelos que se investigan y la salida del experimento esta dada por el hecho de que el sistema físico que se está modelando debe ser una parte causalmente pertinente del arreglo experimental. Además, para cualquier modelo que se investigue, los experimentadores deben poder determinar qué gama de resultados ocurrirá más probablemente. Así tal modelo se ajusta en efecto al sistema que se esta representando.

Para ser más específicos, continuemos con la suposición de que sólo existen dos modelos en juego: uno estándar, *S*, y otro "nuevo", *D*. Además supongamos que, dado el arreglo experimental especificado, es muy probable una gama de resultados posibles, *RS*, si el modelo estándar (*S*) es aproximadamente correcto. De la misma manera, dado el mismo arreglo experimental, una gama, *RD*, de resultados posibles es muy probable si el modelo nuevo (*D*) es aproximadamente correcto. En la figura 6 se representa esquemáticamente este arreglo.

Si hemos de aplicar una estrategia satisfaccionista al problema de decisión, existe un conjunto más de condiciones que deben cumplirse en el arreglo experimental. Si el modelo estancar (*S*) brinda el mejor ajuste, debe ser



Figura 6. Representación esquemática de una prueba experimental con intervalos espaciados de resultados posibles para dos modelos diferentes del sistema de intereses.

sumamente improbable que el experimento arroje resultados dentro de la gama *RD*. Asimismo, si el modelo nuevo (*D*) brinda el mejor ajuste, debe ser muy improbable que el experimento arroje resultados dentro de la gama *RS*.

La única condición restante de importancia es la evidente regla de decisión suplementaria.

Si RS es el resultado del experimento, elijase el modelo estándar (S).

Si RD es el resultado, elijase el modelo nuevo (D).

Reconsideremos ahora el problema de decisión representado en la figura 5 a la luz de todas estas nuevas consideraciones.

Primero, supongamos que el sistema del universo real es en efecto aproximadamente correspondiente al modelo estándar. Entonces es muy probable que el experimento arroje el resultado *RS*. Con apego a la regla de decisión suplementaria el científico concluirá correctamente que el universo es aproximadamente igual al modelo *S*. De otra forma, supongamos que el sistema del universo real es en efecto aproximadamente equivalente al modelo nuevo. En este caso es muy probable que el experimento arroje el resultado *RD*. Apegándose a la regla de decisión suplementaria, el científico concluirá correctamente que el universo es aproximadamente como el modelo *D*.

En cualquier caso es muy probable que el científico, satisfaccionista de mente mínimamente abierta, termine con uno de los dos resultados satisfactorios. De la misma forma, es muy improbable que acabe con alguno de los dos resultados no satisfactorios.

En este caso vamos más allá del modelo original de Simon sólo en la medida en que ahora enfrentamos una *probabilidad* alta de alcanzar un resultado satisfactorio, no con el resultado en sí. Por lo tanto, los valores de la matriz son valores esperados, producto de la utilidad y la probabilidad. Esto significa que tanto los niveles de satisfacción originales como las probabilidades basadas en el modelo para obtener resultados en la gama predicha tendrán que ser suficientemente altos. De otra forma el valor esperado de un resultado originalmente satisfactorio puede dejar de ser satisfactorio.

Haciéndole justicia a Murphy

Los físicos me han dicho que la Ley de Murphy para los experimentalistas dice que los datos que se obtienen son siempre lo menos informativos que se puede. De ser cierto esto, esperaríamos que los datos de nuestra prueba experimental imaginaria resultarían dentro de alguna región de resultados posibles diferentes a *RS* o *RD*, di-

gamos justamente entre estas dos regiones. La regla de decisión suplementaria arriba anunciada no abarca este caso. A mi juicio, si uno obtiene en efecto el resultado de Murphy, el problema de decisión, según sea formulado, se vuelve inoperante. Por decirlo de alguna manera, "vuelve el borrador".

Podría representarse explícitamente esta circunstancia introduciendo una tercera opción, "suspender el juicio", y una cláusula en la regla de decisión:

Si el resultado no es ni *RS* ni *RD*, suspéndase el juicio.

Pero esta cláusula me parece innecesaria, y en todo caso, no representativa de [alguna] situación según la perciben los científicos. La posibilidad de un resultado no concluyente siempre acecha "en el fondo", como lo prueba el chiste de la ley de Murphy; pero "en el fondo" debe tomarse literalmente. La tercera opción aparece en el escenario únicamente cuando se obtiene realmente el resultado de Murphy. La suposición de que debe obtenerse ya sea *RS* o *RD* funciona más como una presuposición de la prueba experimental que como una suposición explícita. El hecho de que falle deberá manejarse conforme a los mismos principios.

Finalmente, este no es un asunto que merezca mayor discusión. Quien quiera que desee guardar las formas (yo diría guardarlas de manera poco realista) esta cordialmente invitado a añadir la opción extra y su correspondiente regla de decisión.

Los juicios de probabilidad basados en modelos

El anterior modelo de toma de decisiones científicas considera dos tipos de información no representados en el problema de decisión original de la fig. 5. Uno de ellos es el resultado de algún experimento. Yo sería el último que afirmara que determinar cuál es de hecho el resultado de cualquier experimento es algo sencillo. Sin embargo, optare aquí por soslayar ese problema, pues hemos de enfrentar otros más serios. Estos se refieren al segundo tipo de información nueva, el cual está resumido en los *juicios de probabilidad* requeridos. ¿Cómo hemos de entender estos juicios?

Habiendo recibido abundantes pruebas de que las personas no son en general agentes bayesianos, el lector bien podrá preguntarse si los juicios de probabilidad de mi modelo de satisfacción no lo hacen objeto de la misma objeción. Yo no lo creo así.

Uno de los resultados de las investigaciones de Kahneman y Tversky que se vieron, por ejemplo, en el experimento de los taxis, es que las personas son bastantes buenos jueces de la probabilidad de los acontecimientos siempre y cuando puedan interpretarlos como el resulta-

do de algún proceso causal. Es decir, si la gente dispone de un *modelo causal* que pueda usar para formular los juicios requeridos, entonces juzgara adecuadamente la probabilidad de los acontecimientos, en relación al modelo empleado.

Ahora bien, los juicios de probabilidad requeridos por un modelo satisfaccionista de decisión científica son exactamente de este tipo. El científico debe juzgar las probabilidades de varios resultados posibles de cierto experimento, suponiendo que cierto modelo bien definido sea más o menos correcto. Este es el único tipo de juicio de probabilidad que se requiere. En particular, el modelo de satisfacción no supone que el científico sea capaz de hacer una inferencia *diagnóstica*, es decir usar los resultados experimentales para asignarle una probabilidad al modelo mismo. Son justamente esas inferencias diagnósticas lo que tipifica el enfoque bayesiano.

Por supuesto, no basta con entender solamente los modelos que se están investigando. Como lo que debe juzgarse es la probabilidad de un resultado experimental, el científico debe también tener firmemente en cuenta un modelo preciso del arreglo experimental. Pero este conocimiento está por lo general disponible toda vez que los experimentos, después de todo son planeados, construidos y llevados a cabo por los propios científicos.

OBJECIONES FILOSÓFICAS

La explicación satisfaccionista de cómo los científicos eligen un modelo cumple con la condición de ser tanto "naturalista" como "realista". Apela únicamente a estrategias naturales de decisión y permite que las hipótesis se entiendan de manera realista.

En este punto vale la pena detenerse a considerar varias objeciones filosóficas puesto que ponen de relieve diferencias entre el enfoque de satisfacción a la elección de teorías y los enfoques filosóficos más comunes.

El argumento a partir de otros modelos

Supongamos, reza esta objeción, que de hecho ni el modelo *S* ni el *D* se ajustan muy bien al sistema de que se trata. Sin que nadie lo sepa, el mejor ajuste lo proporciona un tercer modelo, *T*, el cual es en general más similar a *S* que a *D*. Pero en la situación experimental dada, *T* predice el resultado *RD*, lo mismo [que] *D*. Así pues, cuando el experimento arroja el resultado *RD* como es muy probable que lo haga, uno acaba por aceptar el modelo *D* como el más adecuado, cuando de hecho *T* e incluso *S*, se ajustan mejor. A mayor abundamiento, y este es el argumento decisivo, a menos que *S* o *D* proporcio-

nen un ajuste *perfecto*, la lógica nos dice que siempre existirá (en el sentido matemático de "existir") un tercer modelo que lo haga. La conclusión es que cualquier decisión de aceptar *D* como el modelo que proporciona el mejor ajuste, con base en el resultado experimental *CRD*, *no está justificada*.

Este argumento se ve un tanto atenuado si se considera que lo que se aceptará es cuando mucho la afirmación de que el modelo *D* es *semejante* al universo real en ciertos aspectos y grados. Esto bien puede ser cierto en el caso escrito, aun cuando en general *S* se ajuste mejor. Sin embargo, esta respuesta no llega al meollo de la objeción.

Lo que comporta este tipo de objeción es la suposición de que para justificar cualquier afirmación teórica tendrían que aducirse razones para pensar que el modelo aceptado no sólo es mejor que las posibilidades que se están considerando, sino también mejor que todos los casos *lógicamente posibles*, muchos de los cuales ni siquiera se le ocurrirán a nadie. Sin embargo, esta suposición impone una norma que definitivamente no se satisface en la actual práctica científica. Imponerla lleva al empirismo o, lo que es peor, a formas más graves de escepticismo.

Es importante tener en mente las lecciones del laboratorio. Cuando Rutherford adoptó su modelo de protón, evidentemente no tenía bases para rechazar todos los otros modelos posibles. Sin embargo, el desarrollo subsecuente de los ciclotrones para la investigación nuclear probó que él tenía razón. Claro que es lógicamente posible que los científicos en la posición de Rutherford solo fueran afortunados y no tuvieran justificación para adoptar los modelos que adoptaron. Y es lógicamente posible que los ciclotrones funcionen aunque no exista nada como los protones. Con todo, señalar estas posibilidades equivale nuevamente a insistir en una norma de justificación que exige descartar todos los otros casos lógicamente posibles.

Los satisfaccionistas simplemente no se preocupan de tales posibilidades abstractas de error. Si alguien tuviera que desarrollar un modelo como *T*, entonces uno podría tratar de idear un experimento diferente que ayudara a decidir entre *D* y *T*. No habiendo ningún otro modelo explícito, se acepta la posibilidad de que uno se ha equivocado gravemente a pesar de sus mejores esfuerzos.

Si resulta que los científicos son al menos en ocasiones satisfaccionistas conforme a los lineamientos del modelo que acabamos de ver, sería entonces un hecho interesante de la ciencia, según se practica actualmente, el que a veces llegue a producir modelos muy adecuados a pesar de la posibilidad abstracta, siempre presente, de caer en grave error. Este hecho requeriría

de una explicación *científica*. Ningún otro tipo de explicación sería adecuado.

El argumento humeano

Entre los argumentos recientes en contra del realismo hay uno muy semejante al famoso argumento de Hume contra la justificabilidad de la inducción (Cartwright 1983; Fine 1984 a, 1986). Su seriedad ha sido reconocida incluso por los defensores más destacados del realismo (Boyd 1984). El argumento puede enunciarse de la siguiente manera:

La justificación de las hipótesis realistamente interpretadas requiere de un principio de inferencia que valide el paso del "éxito" a la "verdad". La hipótesis predice con éxito un resultado experimental y uno concluye (con bastante razón) que es verdadera. A veces esto recibe el nombre de "inferencia a partir de la mejor explicación". Pero (se pregunta en un tono de voz humeano), ¿qué es lo que justifica este principio de inferencia? La respuesta realista casi automática, es que el principio se justifica por el éxito de la ciencia al usar ese principio. Sin embargo, responde el antirrealista, esta respuesta echa mano del mismo principio de inferencia cuya justificabilidad se discute. Por lo tanto la respuesta realista constituye una petición de principio. Así pues, el desafío que enfrenta el realista es dar alguna otra respuesta.

La respuesta realista adecuada es declinar el desafío sobre la base de que no es posible enfrentarlo. La interpretación realista de la ciencia no requiere de tales justificaciones últimas. La explicación satisfaccionista muestra como pueden tomarse las decisiones concernientes a hipótesis realistamente interpretadas. Asimismo enseña que este es un recurso eficaz al tomar tales decisiones, pues se tiene una alta probabilidad de llegar a la conclusión correcta. Además, aunque uno emplee "éxito" para llegar a la "verdad", no necesita apelarse a ningún "principio de inferencia" que valide el paso del éxito a la verdad. No se deja nada que necesite ser justificado.

Sin embargo, esto no significa que el modelo satisfaccionista proporcione una respuesta al desafío humeano, la cual no constituya petición de principio. Los juicios de probabilidad basados en modelos, requeridos por la estrategia satisfaccionista, en sí mismos constituyen hipótesis teóricas. La explicación satisfaccionista acepta como hecho científico que tales juicios pueden hacerse confiablemente. Por supuesto, cualquier juicio puede ser puesto en duda, pero sólo de la misma manera en que puede ponerse en duda cualquier hipótesis empírica. En este caso no existe ningún peligro grave de regresión infinita, tan solo la posibilidad humeana de dicha regresión.

Seguridad, fuerza y probabilidad

Recientemente Van Fraassen ha empleado otro tipo normal de argumento en apoyo del empirismo constructivo. Tomemos cualquier hipótesis que afirme una semejanza entre un modelo y un sistema de la realidad. La versión realista de esta hipótesis, la cual afirma semejanza para los aspectos tanto teóricos como empíricos del modelo, tiene más contenido que la versión empirista que sólo pretende semejanza en el caso de los aspectos empíricos. La versión realista de la hipótesis es lógicamente más fuerte que la versión empirista, puesto que engloba a la versión empirista y algo más.

Ahora bien, constituye un teorema de cálculo de probabilidades adecuadamente interpretado, el que para cualquier conjunto fijo de datos, la probabilidad condicional de la hipótesis más débil incluida debe ser mayor que la de la hipótesis más fuerte incluida. En resumen, existe una relación inversa entre la fuerza lógica y la probabilidad. Si se interpreta que la probabilidad condicional de la hipótesis mide algo como su "grado de apoyo testimonial", se sigue que, independientemente de cuales sean los datos, la versión empirista de cualquier hipótesis está necesariamente mejor apoyada que la correspondiente versión realista. Se concluye, pues, que esa es la razón de que se prefiera siempre la versión empirista.⁷

Estrictamente hablando, la explicación satisfaccionista de cómo los científicos eligen sus hipótesis soslaya este argumento. Esta explicación no recurre a las probabilidades condicionales de las hipótesis ni siquiera presupone que tales probabilidades estén bien definidas. La explicación satisfaccionista sólo utiliza probabilidades basadas en modelos, las cuales, cuando mucho, pueden entenderse como probabilidades condicionales de los datos, dadas diversas hipótesis. Por lo tanto, desde el punto de vista satisfaccionista, uno no elige la hipótesis que esté menos apoyada, pues esta medida de apoyo no se considera en el presente marco teórico.

Con todo, el espíritu de la objeción puede formularse en términos más generales. No cabe la menor duda de que la versión empirista de una hipótesis teórica es "más segura" que la versión realista en el sentido de que es menos probable que se pruebe su falsedad. Como afirma menos, comporta un número menor de formas en que puede ser falsa.

Sin embargo, todo lo que se sigue es que existe un precio que debe pagarse por preferir hipótesis realista-

mente interpretadas. A fin de cuentas, es más probable que se demuestre que uno está equivocado. No se sigue que los científicos en general no estén dispuestos a pagar dicho precio, ni que no deban hacerlo. Tampoco se sigue que las ventajas de tener hipótesis realistamente entendidas no valgan ese precio.

Sospecho que la razón de que el argumento que se discute apele a los empiristas es que ellos consideran que no resultan ventajas de las hipótesis realistamente interpretadas. Las supuestas ventajas, según ellos creen, son pura ilusión; por el contrario, el realista argumentaría, por ejemplo, que una de las ventajas de entender realistamente el modelo del protón de Rutherford es que así otros llegaron a pensar cómo diseñar una máquina, el ciclotrón, que pudiera usarse para bombardear núcleos mediante protones. El que uno pueda llegar a entender adecuadamente este invento dentro del contexto empirista no es nada más que ciencia ficción de los empiristas, según dirían los realistas.⁸

EL PAPEL DE LA PROBABILIDAD EN LA CIENCIA

Uno de los problemas centrales en la tradición empirista lógica se refería a la interpretación adecuada de la probabilidad (Salmon 1967). La razón de que este problema pareciera tan importante es evidente. Se considera a la probabilidad como la clave de la inferencia científica, y así, como parte crucial del fundamento metodológico para la justificación de las afirmaciones científicas. En textos filosóficos recientes aun resuenan ecos de aquel primer programa, especialmente de su versión carnapiana (Carnap 1950). La probabilidad sigue siendo considerada "la lógica de la creencia racional", no sólo por parte de los bayesianos (Jeffrey 1985) si no incluso por críticos filosóficos de explicaciones bayesianas rigurosas de inferencia científica (Kyburg 1961, 1974).

Mi opinión es que los modelos probabilísticos no son fundamentalmente diferentes de ningún otro modelo científico, por ejemplo de los modelos de la mecánica clásica. Su principal diferencia es que son aplicables a una amplia variedad de contextos que van desde la física hasta la sociología. Esto se debe en parte a su estructura sumamente simple. Pero también se debe a que tal estructura aparece con frecuencia en la naturaleza misma.

En apoyo de mi opinión, presentaré brevemente alguna investigación sobre juicios concernientes a sistemas

⁷ Este argumento está implícito en *The Scientific Image* (1980) y cabalmente explícito en un artículo posterior (Van Fraassen 1981). Previamente me he ocupado de este argumento algo más extenso (Giere 1985).

⁸ Boyd (1973, 1981) hace tiempo que ha recalcado el papel de la información previa en la interpretación realista de la inferencia científica.

mecánicos simples. Esta investigación en torno al “físico intuitivo” es exactamente análoga a la del “estadístico intuitivo” aunque no se ni con mucho tan amplia. De hecho, investigaciones similares sobre el “lógico intuitivo” sugieren que mucho de lo que nos complace llamar lógico conviene más considerarlo como parte de una familia de modelos que deben aprenderse y cuya aplicabilidad en la vida es contingente. Conforme a este punto de vista ni siquiera la lógica es “como la lógica”. Mas bien, la lógica es “como la probabilidad”, que, a su vez, es “como la física”.

Nuevamente, el estadístico intuitivo

La actitud según la cual la probabilidad debe funcionar como un tipo de lógica se manifiesta incluso en la investigación empírica sobre el juicio del hombre. La teoría de la probabilidad, en particular el teorema de Bayes, se considera que proporciona la correcta normatividad contra la cual debe medirse el verdadero razonamiento humano. Cuando las personas que razonan no alcanzan las conclusiones normativamente correctas, se hipotetiza que están aplicando diversas “heurísticas” que, si bien resultan bastante útiles en muchas situaciones ordinarias, introducen “sesgos” que en ciertas circunstancias conducen a juicios burdamente erróneos. En todo caso, los errores producidos por tales sesgos son considerados errores de *razonamiento* o de juicio. Así pues, la diferencia entre el estadístico intuitivo y el estadístico avezado o el científico social tiende a ser considerada como una diferencia de capacidad para razonar, tal vez incluso como una diferencia de racionalidad (Nisbett y Ross 1980; Kahneman, Slovic y Tversky 1982).

La propia psicología cognoscitiva contiene las bases de una perspectiva un tanto cuanto diferente. En la actualidad se acepta por lo general que la gente se enfrenta a toda situación con un arsenal de modelos (“esquemas”). Y aunque la capacidad de emplear modelos, incluso tal vez tipos generales de modelos, tiene su fundamento biológico, el contenido de los modelos disponibles para cualquier individuo se adquiere a partir de la cultura que lo rodea. La corrección con que la gente se desempeña en cualquier contexto dado dependerá, pues, de la adecuación de los modelos a su disposición, así como de su destreza para aplicarlos.

Esta diferencia de perspectiva queda bastante bien ilustrada por el problema de los taxis. Kahneman y Tversky indicaban que las personas se inclinan naturalmente a emplear modelos *causales* y no son tan buenas para el razonamiento “diagnóstico”. Ciertamente, la gente suele cometer graves errores de juicio por emplear un modelo causal incorrecto pasando por alto información

diagnóstica importante. Así, se considera que la tendencia a dar más importancia al razonamiento causal es un factor predisponente del juicio humano.

Yo tengo una explicación ligeramente diferente de por qué la gente pasa por alto la frecuencia básica. Lo que ocurre es que la mayoría de la gente simplemente no dispone de modelos que le permitan procesar la información de frecuencia básica. Simplemente desconoce qué hacer con ella. Y así, no pudiendo procesar la información de frecuencia básica, la pasan por alto y en su lugar utilizan la información que pueden procesar; a saber, en el caso de los taxis, la confiabilidad del testigo.

Esta interpretación es apoyada por la variante causal del problema de los taxis, en la cual el sujeto puede fácilmente echar mano de la idea de que los taxis verdes tienen defectos mecánicos o de que sus conductores son imprudentes. La gente ciertamente posee toda una variedad de tales esquemas causales y los ponen en práctica sin ningún esfuerzo. Los esquemas causales proveen de un vehículo para usar la información de frecuencia básica, así sea de manera imperfecta. Y de hecho se usa.

Prestando mayor atención a los modelos realmente disponibles para los sujetos, conseguimos un mejor panorama de las diferencias entre los estadísticos intuitivos y los científicos sociales preparados. Estos últimos tienen a su disposición toda una familia de modelos probabilísticos que pueden usar al encararse a los problemas que se les presentan. Y, en la práctica, no en la lógica, estos modelos se ajustan mejor a los tipos de casos que nos ocupan.

Poder echar mano de modelos probabilísticos no siempre es algo fácil; por lo que incluso los estadísticos avezados a veces cometen errores similares a los de los estadísticos intuitivos. Un último ejemplo nos servirá para ilustrar este punto. Kahneman y Tversky (Kahneman, Slovic y Tversky 1982, 495) plantearon a “muchos” jugadores de *squash* la siguiente pregunta:

Como usted sabe, un partido de *squash* se puede jugar a 9 o 15 puntos, si se mantienen constantes todas las otras reglas del juego, si *A* es mejor jugador que *B*, ¿Qué sistema de puntuación permitirá que *A* tenga más posibilidades de ganar?

Se dice que todos los entrevistados tenían “alguna noción de estadística”. “La mayoría” opinó que no importaba el sistema de puntuación.

Sin embargo, una partida de *squash* puede considerarse como una serie de ensayos binomiales con el resultado de que *A* o *B* es quien gana el punto. Si en cada ensayo las oportunidades de que *A* gane el punto

son algo mayores que las de *B*, la probabilidad de que *A* vaya ganando *aumenta* con el número de ensayos. En términos estadísticos, tal varianza disminuye al aumentar el tamaño de la muestra. Así pues, *A* debería preferir jugar una partida a 15 puntos.

Los investigadores dijeron que al presentarse este argumento casi todos los que contestaron reconocieron inmediatamente que su respuesta original había sido equivocada. Los autores tomaron esta respuesta como prueba de que el error original había sido más de aplicación que de comprensión.

Yo sería de la opinión que parte de la "comprensión" es asunto de tener disponibles los modelos pertinentes en la memoria de largo plazo. La "aplicación" es asunto de poder recurrir a los modelos apropiados cuando sea necesario. Cuando se les hizo la pregunta, los sujetos tendían a recordar un montón de esquemas relacionados con el juego de *squash*. Ninguno de esos esquemas apuntaba hacia una respuesta definida a la pregunta, y así los entrevistados tendían a decir que no importaba. Tendían a no recordar esquemas estadísticos. Nada explícito en la pregunta indicaba que tales esquemas pudieran ser importantes. Es más, si el contexto en que se hacía la pregunta era una cancha de *squash* o una fiesta de cóctel y no una oficina académica, era todavía más probable que no se emplearan modelos estadísticos. En todo caso, el hecho de verse frente a un análisis estadístico evocó los esquemas apropiados, cuya aplicabilidad fue inmediatamente apreciada por los entrevistados.

No se sabe que este problema se haya intentado probar con individuos que ignoraran estadística. Sin embargo, parece muy probable que su respuesta inicial habría sido semejante, pero que no habrían apreciado inmediatamente el análisis estadístico subsiguiente.

En resumen, lo que propongo es que los sujetos ingeniosos que cometen errores en problemas estadísticos simples no carecen de *capacidad de razonamiento*, sino simplemente del *conocimiento* de los modelos más apropiados para la situación.

El físico intuitivo

Un buen número de investigadores ha llevado a cabo recientemente experimentos con estudiantes de preparatoria para determinar su concepción de fenómenos mecánicos simples como los que se estudian en cursos de física elemental. Estos investigadores no dieron el menor indicio de estar investigando la capacidad de razonamiento de los estudiantes. Conciben su objetivo como el descubrimiento de los modelos que la gente emplea al habérselas con sistemas mecánicos simples. Sin embargo, en el fondo existe un modelo "normativa-

mente correcto"; el de la mecánica newtoniana. Y, como podría esperarse, mediante experimentos muy sencillos pueden demostrarse divergencias considerables respecto del modelo de Newton.

Uno de los métodos favoritos de esta investigación consiste en presentarle al sujeto el dibujo de un sistema dinámico detenido en un momento dado y pedirle que dibuje el movimiento subsecuente del sistema. En la figura 7 se muestran dos de estos dibujos. Las instrucciones respectivas fueron (McCloskey 1983, 300):

En el diagrama se ve un tubo delgado y curvo de metal. El tubo está visto desde arriba. En otras palabras, el tubo está tendido sobre un plano. Una esfera de metal se coloca en el extremo del tubo indicado por la flecha y se dispara hacia el otro extremo del tubo a gran velocidad.

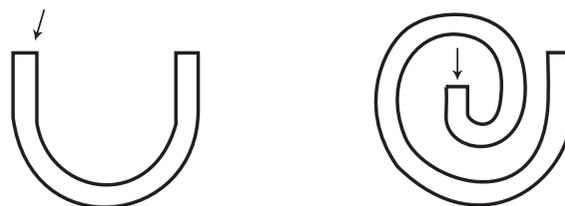


Figura 7. Dos dibujos usados al investigar sobre el uso que hacen los estudiantes de los modelos al pensar acerca de los sistemas mecánicos. Adaptado de McCloskey (1983).

Las instrucciones generales eran dibujar la trayectoria de la esfera al salir del otro extremo del tubo.

En un experimento, a 50 estudiantes se les presentaron cuatro diagramas que representaban situaciones similares. De los 47 que completaron el ejercicio, 15 no habían tomado ningún curso de física de secundaria, 22 habían completado un curso de física de secundaria y 10 completaron al menos un curso de física en preparatoria.

La respuesta correcta, por supuesto, es que la esfera sigue una línea recta al salir del tubo. Sin embargo, 34 por ciento de los examinados dibujaron trayectorias curvas de la esfera al salir del tubo. De los dibujos de estudiantes que no llevaron física, 49 por ciento mostraron trayectorias curvas. Los porcentajes de los otros dos grupos fueron, respectivamente, 34 y 14 por ciento (McCloskey, Caramazza y Green 1980, 1139).

Resulta de particular interés en esta investigación que los "errores" son sistemáticos. De los 25 sujetos que dibujaron trayectorias curvas en cualquiera de los dos esquemas de la figura 7, 19 trazaron una curvatura mayor para

el tubo espiral que para el que presenta forma de C. La hipótesis considerada es que esos estudiantes tenían en mente un modelo de "inercia circular" semejante a los modelos del ímpetu que postulaban los escolásticos en la Edad Media: *Mientras más curvo es el movimiento que ha experimentado la esfera, mayor será su ímpetu circular.*

No es necesario que prosigamos aquí estas especulaciones. Lo importante es que nadie se sienta tentado a considerar estos errores como fallas de razonamiento o como debidos a "heurísticas" defectuosas. Más bien, parecen derivados de aplicar un modelo inadecuado cuyas características, hasta cierto punto, son reveladas por los experimentos.

Una actitud similar hacia los juicios de probabilidad podría considerar la posibilidad de un "modelo de representatividad" en que las probabilidades son función de la representatividad. Luego podrían investigarse los pormenores de este modelo y cómo difiere de los modelos recibidos de probabilidad. Así no habría la tentación de hablar de errores de "razonamientos" o "racionalidad". Habría tan solo la falta de conocimiento del modelo apropiado, o el hecho de no aplicarlo.

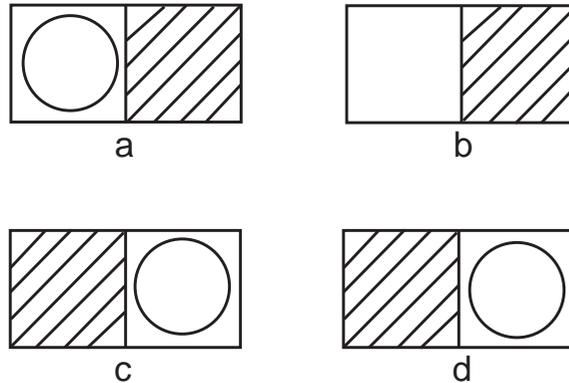
El lógico intuitivo

La idea de que el razonamiento matemático o lógico constituye el paradigma de la racionalidad se remonta cuando menos hasta Platón, y fue, por supuesto, el ideal de un sistema lógico que proporcionó la principal inspiración al empirismo lógico. Poner en duda este ideal no es nada que se pueda tomar a la ligera. Únicamente sugeriré sin ningún énfasis, que la lógica y la matemática, igual que la mecánica y la probabilidad, pueden proporcionar un conjunto de modelos cuya aplicabilidad es contingente y cuyo uso requiere de aprendizaje y de práctica.

Solamente presentaré uno entre muchos experimentos, el famoso "problema de selección" de P. C. Wason. A los sujetos, estudiantes británicos de licenciatura con especialidad en física y matemática, se les presentaron tarjetas como los rectángulos que se muestran en la figura 8, donde las áreas sombreadas indican la parte de la tarjeta que está oculta. Las instrucciones eran las siguientes (Wason 1977, 119-20):

¿Cuál de las partes ocultas de estas tarjetas necesita usted para responder con seguridad a la siguiente pregunta? EN EL CASO DE ESTAS TARJETAS, ¿ES VERDAD QUE SI HAY UN CIRCULO DEL LADO IZQUIERDO, HAY OTRO DEL LADO DERECHO? Dispone usted de sólo una oportunidad para tomar esta

decisión; no debe usted suponer que puede estudiar las tarjetas de una en una. Diga cuáles tarjetas son absolutamente necesarias ver.



Figuras 8. Tarea de selección de Wason. Adaptada de Wason (1977).

Este experimento, con muchas variaciones, se ha intentado con muchos sujetos obteniéndose resultados similares. La respuesta "correcta" es, naturalmente las tarjetas *a* y *d*. La afirmación de la prueba resultaría falsa o bien si no pudiera encontrarse un círculo del lado derecho de *a* o encontrando un círculo en el lado izquierdo de *d*. Independientemente de lo que haya en sus partes cubiertas, *b* y *c* son compatibles tanto con la verdad como con la falsedad de la afirmación de la prueba.

En un experimento se presentó individualmente a los sujetos una versión del problema arriba enunciado. Si daban la respuesta incorrecta se descubrían las tarjetas y se revelaba la respuesta correcta. Si aun así no reconocían la corrección de la respuesta que se les presentaba, procedía una entrevista informal hasta que o bien el sujeto reconocía la corrección de la respuesta que se le mostraba, o el entrevistador consideraba que no tenía caso continuar la discusión. De los 36 sujetos de ese experimento, solamente 2 dieron inicialmente la respuesta correcta; otros 9 la reconocieron al mostrárseles las tarjetas descubiertas; otros doce la reconocieron durante la entrevista; y, 13 nunca la reconocieron (Wason 1977, 122-23)

Para cualquiera que alguna vez haya intentado iniciar a estudiantes de preparatoria en los misterios de aplicación material, estos resultados difícilmente resultarían sorprendentes. Los he traído a colación únicamente debido a la analogía con experimentos parecidos en relación con la probabilidad y la mecánica. La analogía nos indica que en tales ejercicios no tratamos los errores como indicios de deficiencias en la capacidad de

razonar, sino simplemente como indicadores de ignorancia de los modelos más apropiados para la situación. Para la gente de carne y hueso y en la vida cotidiana, los modelos de la lógica no parecen fundamentalmente diferentes de la física. Y si esto es válido en cuanto a la lógica, ciertamente lo es en cuanto a la probabilidad.

La analogía de la computación

Al diseñar y operar computadoras se hace la distinción entre el sistema operativo y los programas de trabajo. Naturalmente, ambos pueden consistir en programación (*software*), pero el sistema operativo es más fundamental. Constituye el nexo entre el equipo (*hardware*) y todos los otros programas. Si hubiera que diseñar un robot – científico ideal según los lineamientos filosóficos tradicionales, la lógica y la probabilidad se harían parte del sistema operativo. La física sería un programa de trabajo. Si hubiera que diseñar un robot más parecido a un ser humano, se utilizaría un sistema operativo más primitivo. La lógica, la probabilidad y la física constituirían programas que se añadirían posteriormente.⁹

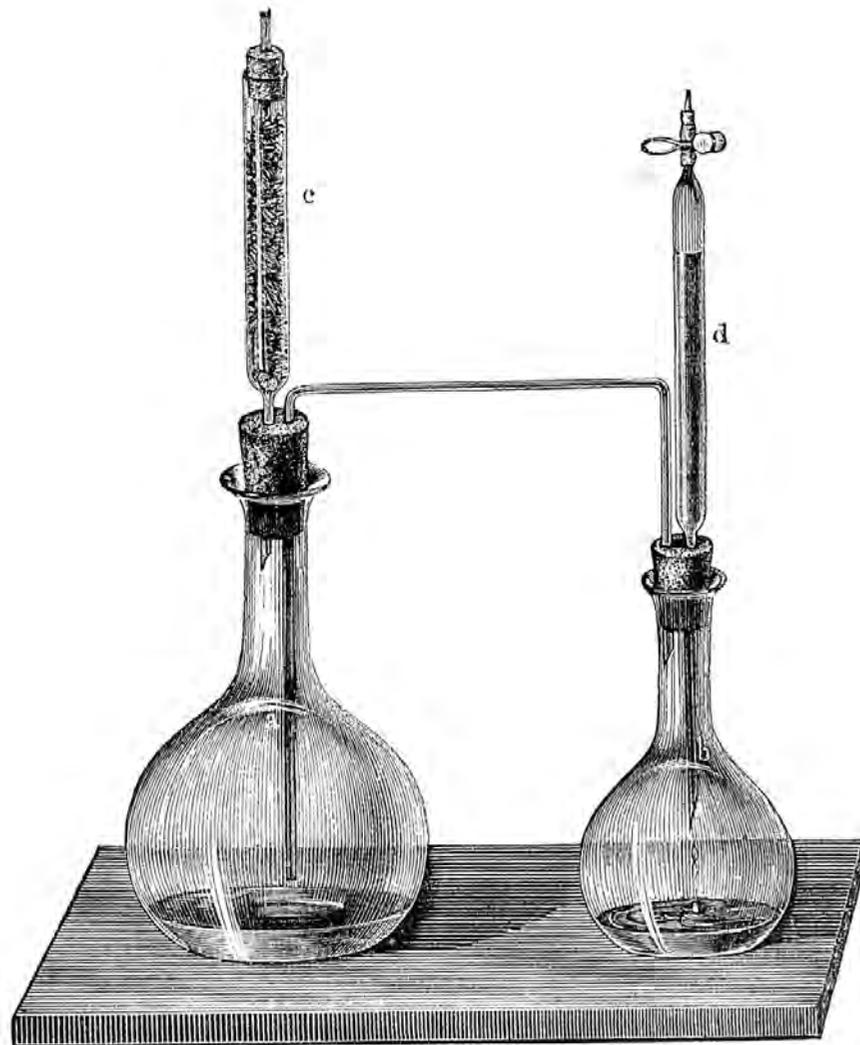
En el caso del ser humano, el sistema operativo no es tan sólo los programas (*software*). Al menos parte de este debe estar “integrado a los circuitos”, ser producto de la evolución. Ahora bien, podría ser que fragmentos de la lógica, la geometría y la física se hayan integrado de igual modo por virtud de la evolución. Si esto es así, tendría que ser un hallazgo empírico, y no el resultado de un análisis filosófico *a priori*.

REFERENCIAS

- Boyd, R. 1973. Realism, underdetermination, and a causal theory of reference. *Nous* 7: 1-12
- Boyd, R. 1981. “Scientific realism and naturalistic epistemology” En *PSA 1980*, vol. 2, ed. P.D. Asquith y R.N. Giere, 613-52. East Lansing, Mich: Philosophy of Science Association.
- Boyd, R. 1984. “The current status of scientific realism”. En *Scientific Realism*, ed. J.Leplin, 41-82. Berkeley: University of California Press.
- Carnap, R. 1950. *Logical foundations of probability*. Chicago: University of Chicago Press (2a. ed., 1962).
- Carnap, R. 1963. “The aim of inductive logic”. En *Logic, methodology, and the philosophy of science*, vol. 1, ed. E. Nagel, P. Suppes y A. Tarski, 303-18. Stanford: Stanford University Press.
- Cartwright, N. 1983. *How the laws of physics lie*. Oxford: Clarendon Press.
- Casscells, W. y cols. 1978. “Interpretation by physicians of clinical laboratory results”. *New England Journal of Medicine* 299: 999-1000
- Dorling, J. 1972. “Bayesianism and the rationality of scientific inference”. *British Journal for the Philosophy of Science* 23: 181-90
- Edwards, W. 1968. “Conservatism in human information processing”. En *Formal representation of human judgment*, ed. B.Kleinmuntz. Nueva York: Wiley.
- Einhorn, H.J., y R.M. Hogarth, 1981. “Behavioral decision theory; Processes of judgment and choice”. *Annual Review of Psychology* 32:53-88.
- Fine, A. 1984. “The natural ontological attitude”. En *Scientific realism*; ed: J.Leplin. Berkeley: University of California Press. Reproducido en Fine (1986)
- Fine, A. 1986. *The shaky game: Einstein, realism, and the quantum theory*. Chicago: University of Chicago Press.
- Franklin, A. 1986. *The neglect of experiment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Giere, R.N. 1976. “Empirical probability, objective statistical methods and scientific inquiry”. En *Foundations of probability theory, statistical inference and statistical theories of science*, vol. 2, ed. C.A. Hooker y W. Harper, 63-101. Dordrecht: Reidel.
- Giere, R.N. 1977. “Testing vs. information models of statistical inference”. En *Logic, laws and life*, ed. R.G. Colodny, 19-70. Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, vol. 6. Pittsburgh University of Pittsburgh Press.
- Giere, R.N. 1985. “Constructive realism”. En *Images of Science*, ed. P.M. Churchland y C.A. Hooker. Chicago: University of Chicago Press.
- Hacking, I. 1975. *The emergence of probability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hempel, C.G. 1960. “Inductive inconsistencies”, *Synthese* 12: 439-69
- Howson, C. y A. Franklin. 1985. “Newton and Kepler”. *Studies in History and Philosophy of Science* 16: 379-86.
- Jeffrey, R.C, 1956. “Valuation and acceptance of scientific hypotheses”. *Philosophy of Science* 23:237-46.

⁹ Es interesante recordar que hace tiempo Carnap (1963) concibió la lógica inductiva en función del diseño de un robot ideal.

- Jeffrey, R.C. 1965. *The logic of decision*. Nueva York: MacGraw-Hill (2a. ed., Chicago: University of Chicago Press, 1983).
- Jeffrey, R.C. 1985. "Probability and the art of judgment". En *Observation, experiment and hypothesis in modern physical science*, ed. P. Achinstein and O. Hannaway, 95-126. Cambridge: MIT Press.
- Kahneman y Tversky, 1972
- Kahneman, D., P. Slovic y A. Tversky, eds. 1982. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press
- Kuhn, T.S. 1977. *The essential tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kyburg, H.E., hijo. 1961. *Probability and the logic of rational belief*. Middletown, Conn; Wesleyan University Press.
- Kyburg, H.E., hijo. 1974. *Logical foundations of statistical inference*. Dordrecht: Reidel.
- Levi, I. 1967. *Gambling with truth*. Nueva York: Knopf.
- Levi, I. 1980. *The enterprise of knowledge*. Cambridge: MIT Press.
- Luce, R.D., y H. Raiffa. 1957. *Games and decisions*. Nueva York: Wiley.
- McCloskey, M. 1983. "Naive theories of motion". En *Mental models*, ed. D. Gentner y A.L. Stevens, 299-324. Hillsdale, N.J.; Erlbaum.
- McCloskey M., A. Caramazza y B. Green. 1980. "Curvilinear motion in the absence of external forces: Naïve beliefs about the motion of objects". *Science* 210: 1139-41.
- March, J.G. y H.A. Simon. 1958. *Organizations*. Nueva York: Wiley.
- Newell A. y H.A. Simon. 1972. *Human problem solving*. Englewood Cliffs N.J.; Prentice Hall.
- Nisbett, R., y L. Ross. 1980. *Human inference: Strategies and shortcomings of social judgment*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Phillips, L., y W. Edwards. 1966. "Conservatism in a simple probability learning task". *Journal of Experimental Psychology* 72: 346-54.
- Pitz, G.F., y N.J. Sachs. 1984. "Judgment and decision: Theory and application". *Annual Review of Psychology* 35:119-163.
- Rosenkrantz, R.D. 1977. *Inference, method and decision*. Dordrecht: Riedel.
- Rosenkrantz, R.D. 1980. "Induction as information acquisition". En *Applications of inductive logic*, ed. L.J. Cohen y M.B. Hesse, 69-89. Oxford: Oxford University Press.
- Savage, L.J. 1954. *Foundations of statistics*. Nueva York: Wiley.
- Salmon 1967
- Simon, H.A. 1945. *Administrative behavior*. Nueva York: Free Press.
- Simon, H.A. 1957. *Models of man*. Nueva York: Wiley.
- Simon, H.A. 1979. *Models of thought*. New Haven, Conn.: Yale University Press.
- Simon, H.A. 1983. *Models of bounded rationality*. 2 vol. Cambridge: MIT Press.
- Van Fraassen, B.C. 1981. "Theory construction and experiment: An empiricist view" En *PSA 1980*, vol. 2, ed. P.D. Asquith y R. Giere, 663-78. East Lansing, Mich.: Philosophy of Science Association.
- Von Neumann, J., y O. Morgenstern. 1944. *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Wason, P.C. 1977. "Self-contradictions". En *Thinking*, ed. P.N. Johnson Laird y P.C. Wason, 114-28. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wimsatt, W.C. 1980. "Reductionistic research strategies and their bases in the units of selection controversy". En *Scientific discovery: Case studies*, ed. T. Nickles, 213-59. Dordrecht: Reidel.
- Winkler, R.L. 1972. *Introduction to Bayesian inference and decision*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.



La geografía de la razón científica: dependencia epistémica y estructura social de la cognición¹

SERGIO F. MARTÍNEZ

El objetivo de la filosofía, formulado de manera abstracta, es entender cómo las cosas, en el sentido más amplio posible de la palabra, se articulan unas con otras, en el sentido más amplio posible de la palabra.

Wilfrid Sellars

1. Introducción

En este trabajo bosquejo una manera de entender el concepto de racionalidad distintivo de la ciencia de modo tal que permita reconciliar dos ideas que se suelen considerar irreconciliables. Por un lado, la idea de que la racionalidad científica es, en algún sentido importante, un paradigma de racionalidad en los diferentes ámbitos del conocimiento humano, por el otro, que la racionalidad científica, como toda racionalidad humana, es un producto de “culturas locales”. Bosquejando este concepto de racionalidad, espero sugerir cómo la filosofía de la ciencia puede responder al problema del origen de la normatividad epistémica de los estándares implícitos en las prácticas científicas (*i.e.*, el problema de por qué debemos seguir esos estándares), y cómo este planteamiento sugiere una forma de enfocar los problemas acerca de la estructura y la dinámica del conocimiento científico y su relación con la tecnología. Aquí no haré más que esbozar este proyecto más amplio.

Desde la Ilustración, la ciencia se ha considerado una actividad paradigmáticamente racional y, como tal, ha desempeñado un papel muy importante en lo que significa entender cómo se relacionan las cosas, en el sentido más amplio de estos términos. Desde mediados del siglo xx, el “historicismo”, que se desarrolla, sobre todo, a través de varios trabajos de historia y sociología de la ciencia, cuestiona que la ciencia pueda considerarse un “estándar” de racionalidad. El historicismo parte de una verdad innegable: el carácter insostenible de la

imagen de la ciencia como resultado de la aplicación de una “facultad racional” que hacía que, de manera sistemática, se fuera acumulando el conocimiento en teorías cada vez más cercanas a la verdad —una imagen construida a lo largo de varios siglos—.

No han faltado defensores del lugar privilegiado que la ciencia ocupa como actividad paradigmáticamente racional: Dudley Shapere, Nicholas Rescher, Larry Laudan, Ronald Giere, Philip Kitcher y Joseph Rouse son algunos de los filósofos que han tratado de responder al cuestionamiento de los historicistas.² Todos ellos defienden que una epistemología naturalizada y normativa es el núcleo de una filosofía de la ciencia capaz de responder a ese reto. La epistemología trata de contestar la pregunta sobre cuál es la estructura de los estándares. Una epistemología naturalizada y normativa considera que hay que empezar por decir algo respecto de lo que es o no un buen estándar de razonamiento o investigación, sin presuponer que el origen de la fuerza normativa de esos estándares (que en algún sentido sujeto a mucha discusión es una normatividad propiamente epistémica) surge a partir de principios a priori. Se trata entonces de explicar cómo esa fuerza normativa epistémica (que contesta la pregunta de por qué debemos adoptar ciertos estándares) proviene de cuestiones de hecho.

En este trabajo no voy a entrar en ninguna polémica seria con ninguno de esos proyectos; pero menciona-

¹ Sergio F. Martínez y Godfrey Guillermin *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia* 11F-UNAM, México, 2005 pp 248- 290.

² Véase, por ejemplo, Shapere 1984; Rescher 1977; Kitcher 1993; de Larry Laudan podemos citar el primero y el último de la serie de libros dedicados al tema: *Progress and Its Problems* (1977) y *Beyond Positivism and Relativism* (1996); de Giere, *Explaining Science* (1988); de Rouse, *Engaging Science* (1996) y *Knowledge and Power* (1987).

ré, casi siempre en notas al pie, puntos de contacto o desacuerdos importantes. El único con quien entraré en polémica, y sólo hasta cierto punto, es Laudan. Me referiré a la manera en que pretende resolver el problema del origen de la normatividad de una metodología para contrastarla con el tipo de propuesta que argumento en este trabajo, pero nada más. No pretendo hacerle justicia a su filosofía de la ciencia. Examinar con mínimo detalle las posturas de estos autores y su contrapartida "historicista" para evaluar mejor la propuesta que aquí esbozo haría de este texto un libro.

Es usual hablar de la controversia a la que me remitiré en este trabajo como una controversia entre "historicistas", por un lado, y "filósofos" o "epistemólogos", por el otro; sin embargo, en este ensayo la consideraré una polémica entre un "enfoque sociológico" y un "enfoque epistemológico". La razón de este cambio se debe a que mi propuesta intenta poder aceptar lo que, a mi juicio, es el núcleo de la posición historicista: la idea de que el problema del origen de la normatividad epistémica requiere, como parte indispensable de una respuesta satisfactoria, una explicación histórica del origen de la fuerza normativa de nuestros estándares epistémicos. Por ello, estoy de acuerdo con el historicismo en que los estándares implícitos en las ciencias naturales (o en cualquier otra área) no deben imponerse como estándares en otras disciplinas y que, por lo tanto, la filosofía de la ciencia no puede pretender ser portavoz de los estándares epistémicos que, por ejemplo, debe satisfacer una teoría de la moral. Sin embargo, esto no nos impide reconocer el papel paradigmático que desempeña la ciencia en una teoría de la racionalidad y en una epistemología.

El "enfoque sociológico", al que me voy a oponer, se caracteriza por negar que algún concepto de justificación epistémica, y más en general de racionalidad, sirva de marco para la formulación de aquellas preguntas que tienen que ver con la naturaleza del conocimiento científico y su relación con la técnica. Es más, este enfoque puede caracterizarse por su convicción implícita (hecha explícita a veces) de que todas las creencias están en pie de igualdad respecto de sus causas (sociológicamente articulables), y de que esas causas son todo lo que es pertinente estudiar para formular y resolver cualquier pregunta interesante acerca de la naturaleza, la estructura y la dinámica de la ciencia.³ En este sentido, los "sociólogos"

son la contrapartida extrema de los "epistemólogos tradicionales", tan criticados en los estudios sociales de la ciencia. Unos piensan que el estudio de la ciencia tiene como punto de apoyo su carácter distintivamente epistémico, y otros dicen que ese sustento está en su carácter distintivamente social; pero ambos grupos comparten la idea de que esta oposición es básica para el estudio de la ciencia.⁴

Es necesario tomar muy en serio esta controversia de fondo para entender y apreciar las tendencias actuales en la filosofía de la ciencia. Me parece también, y éste

en esa etiqueta otros enfoques que en mayor o menor grado defienden el tipo de tesis que voy a criticar, o por lo menos no se deslindan de él. Por ello, en segundo lugar, con enfoque sociológico hago referencia también a muchos escritos de "epistemología histórica", y en particular a autores como Steven Shapin, Simon Schaffer, Peter Gallison y Lorraine Daston. Es debatible hasta qué punto estos autores niegan la importancia del tipo de cuestiones distintivamente filosóficas que me interesa destacar. Es más mi propuesta puede entenderse como una versión de epistemología histórica. En todo caso, lo que planteo es que, en la medida en que se habla de un planteamiento distintivamente filosófico como un planteamiento antihistoricista (algo que muchos de esos autores hacen de manera implícita o explícita), ellos estarían defendiendo un enfoque sociologista. Más claramente, es posible incluir dentro de este enfoque sociológico a autores como Pinch, Bijker y Hughes, y en general el tipo de enfoque conocido como "estudios sociales de la tecnología". Creo incluso que autores como Michel Callon, John Law, Bruno Latour y Andrew Pickering podrían caer en el enfoque sociológico al que me voy a oponer, pero esto requeriría una argumentación más elaborada. Pickering 1995, por ejemplo, siguiendo a Latour, dice que su propuesta para entender la ciencia como práctica y cultura va en contra de todos aquellos que privilegian una de las dos variables tradicionales (o versiones de ellas): intereses sociales o reglas epistémicas (p.216, en particular). Según Pickering, su propuesta es una crítica a cualquier intento de tomar esas variables como causas transhistóricas (*enduring*) capaces de explicar la práctica científica. De esta manera, si bien rechaza explícitamente una caracterización de su enfoque como causal, asume que "debemos alejarnos de la idea de la ciencia como conocimiento". Por conocimiento, Pickering entiende, sin embargo, algo muy estrecho, y la idea que propone en su lugar, *the mangle of practice*, es demasiado oscura. En todo caso, esta estrategia evitaría el conflicto tradicional a un precio muy alto. Como dice Schaffer sobre la idea similar de Latour, una propuesta como la de Pickering tiene un costo muy alto: caer en una epistemología "animista" de la que, por muy buenas razones, la ciencia moderna se distanció a partir del siglo xvii (Schaffer 1991).

⁴ Por supuesto, no todos los sociólogos encajan en lo que llamo "enfoque sociológico". Pierre Bordieu, por ejemplo, explícita y claramente rechaza esta oposición entre lo epistémico y lo social en una caracterización de la racionalidad científica. Véase, en particular, Bordieu 1991.

³ Cuando hablo de enfoque sociológico me refiero, en primer lugar, a los sociólogos del conocimiento, autores como Barry Barnes, David Bloor y H.M. Collins (véase, por ejemplo, Collins 1992). El artículo de Steven Shapin "History of Science and Its Sociological Reconstructions" (1982) ofrece un panorama de este enfoque. Pero también quiero incluir

es el tema central de este trabajo, que es posible evitar esa confrontación desgastadora entre historiadores y sociólogos, por un lado, y epistemólogos, por el otro. De hecho, esto ya se está llevando a cabo en el trabajo de algunos filósofos contemporáneos; no obstante, creo que es importante reflexionar acerca de la raíz del problema para poder alcanzar la manera más amplia posible de ver las cosas que, como dice Wilfrid Sellars en el epígrafe, caracteriza a la filosofía.⁵

A mi juicio, la raíz del problema está en nuestro modo de entender la relación entre ciencia y epistemología. Por eso es importante abordar la caracterización de una filosofía de la ciencia como un problema que forma parte de los esfuerzos por “naturalizar” la epistemología. En particular, es necesario incorporar en la controversia varios aspectos de la cognición humana que hasta ahora han sido ignorados casi por completo por los filósofos de la ciencia, por razones que tienen que ver con la forma en que, durante la primera mitad del siglo xx, se planteó la relación entre ciencia y epistemología en la tradición analítica, y en la cual no voy a entrar.⁶

Mi observación inicial es que los epistemólogos y los sociólogos enfrascados en esta controversia comparten el supuesto según el cual reconocer que los estándares epistémicos son producto de factores heterogéneos asociados con intereses y fines diversos localizables en comunidades específicas es incompatible con una teoría del conocimiento que reconozca que hay estándares cognitivos, que son mejores o peores desde un punto de vista epistémico, y que explique cómo es que esos estándares adquieren su fuerza normativa. Se suele pensar que o hay estándares epistémicos de aplicación universal

—por ejemplo, criterios aceptables para toda persona, tiempo y lugar para decidir entre métodos o teorías—, o bien tenemos que aceptar que la estructura y la dinámica de los estándares científicos sólo es explicable causalmente, y que la pregunta acerca de la aceptabilidad de un sistema de creencias sobre otro carece de sentido, más allá de lo que la explicación causal puede ofrecernos. Éste es un supuesto cuestionable, y, como lo muestro en este trabajo, abandonar este supuesto permite reconciliar un proyecto epistemológico normativo con el reconocimiento de la importancia de un enfoque sociológico de la ciencia dirigido al estudio de cómo surgen estándares epistémicos en culturas locales.

La primera parte de este texto está dirigida a exponer las implicaciones que, para el estudio y planteamiento del problema de la racionalidad de la ciencia, han tenido ciertos supuestos acerca de la racionalidad; resumiré tales supuestos diciendo que la racionalidad se ha entendido como “descorporeizada”. Si bien la sociología y la historia de la ciencia han reconocido en sus críticas los problemas a los que conduce este supuesto, es tarea de los filósofos transformar esa crítica en una teoría de la racionalidad científica que no caiga en el cientificismo homogeneizante que, como veremos, está detrás del conflicto tradicional. Un primer paso de esa teoría sería buscar un concepto de racionalidad que reconozca su corporeización en prácticas y tradiciones con una compleja estructura normativa.⁷ A este tipo de concepto de racionalidad lo denominé “racionalidad con historia y geografía”. La segunda parte del trabajo está dedicada a explicar la pertinencia de la historia y la geografía de la razón en una teoría de la racionalidad.

2. *Historicismo y racionalidad*

Los trabajos críticos de N.R. Hanson, Michael Polanyi, Stephen Toulmin, Thomas Kuhn y Paul Feyerabend a mediados del siglo pasado, y sobre todo el acelerado desarrollo de la historia y la sociología de la ciencia en ese mismo periodo, que tiene lugar a través del seguimiento de fines profesionales que no provienen de agendas filosóficas externas, llevaron a la conclusión de que la

⁵ La cita es la primera oración del artículo “Philosophy and the Scientific Image of Man” (Sellars 1962).

⁶ El libro de Ronald Giere ya citado es uno de los primeros trabajos en los que de manera sistemática se intenta incorporar resultados de las ciencias cognitivas en una teoría de la ciencia. La motivación de Giere, sin embargo, es muy diferente de la mía. Giere está interesado en la adaptación y la adopción de modelos de razonamiento y juicio provenientes de las ciencias cognitivas para modelar el proceso de elección de teorías, sin tener que recurrir a “principios normativos de naturaleza categórica”. Además, Giere, como la mayoría de los filósofos de la ciencia contemporáneos, asume que el tema de la racionalidad se reduce a una racionalidad instrumental que modela una relación entre medios y fines. Por ello, en la medida en la que la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia no puede verse como una relación entre medios y fines no tiene sentido tratar de modelar esa relación como una relación racional. Mi interés en este trabajo es bosquejar un concepto de racionalidad que permita entender la relación entre historia y filosofía de la ciencia como una relación racional. Más adelante elaboro esta idea.

⁷ Como dice Baigrie: “durante mucho tiempo, algunos especialistas han mirado la ciencia como una actividad práctica, cuando menos desde los albores de la época moderna. Lo que es nuevo y estimulante acerca de la literatura reciente sobre la ciencia no puede ser, por consiguiente, que la ciencia de repente se conciba en términos de actividades práctica; es más bien que estas actividades prácticas ahora se ven como un objeto de estudio (en términos teóricos)” (Baigrie 1995, p. 91).

historia de la ciencia no podía verse como el tipo de empresa que describía la filosofía neopositivista de Rudolf Carnap, Moritz Schlick, Hans Reichenbach y Karl Popper, entre otros.⁸ El resultado de esta crítica es una filosofía de la ciencia que rechaza la tesis de que hay una “racionalidad algorítmica” que simplemente permitiría dirimir por medio de la aplicación de reglas fijas y generales las controversias de interés para una teoría del conocimiento científico; una filosofía de la ciencia que aboga por una concepción “historicista” del conocimiento que empieza a elaborarse a partir de la propuesta de Kuhn en *The Structure of Scientific Revolutions*.⁹

⁸ Polanyi está entre los primeros filósofos que en el siglo xx reconocieron el peso epistémico de aspectos de la cognición que van más allá del modelo tradicional basado en la relación entre evidencia y teorías (y más en general, de un modelo consecuencialista de la justificación). En los años cuarenta, Polanyi hizo notar, antes que nadie, que la idea usual inductivista que veía la teoría de la relatividad de Einstein como una generalización del experimento de Michelson y Morley estaba equivocada. Einstein no había sabido del experimento de Michelson y Morley sino hasta después de elaborar su teoría. Según Polanyi, Einstein, como muchos otros científicos, confiaba (epistémicamente) en una teoría en la medida en que la teoría fuera capaz de integrar indicios que no pueden hacerse explícitos, por lo menos con los recursos conceptuales de una época. Polanyi desarrolla este tipo de “racionalidad implícita” (mi terminología), sobre todo a través de una distinción entre dos maneras de percibir o de tener conocimiento (*awareness*). Polanyi formula la distinción con ejemplos de conocimiento perceptual. Por un lado tenemos conocimiento de un objeto que estamos viendo, y por otro tenemos conocimiento de una serie de indicios en el contexto de ese objeto y que integramos en la visión de dicho objeto sin realmente prestarles atención. El conocimiento de estos indicios subsidiarios involucra esa racionalidad implícita que genera la confianza en las teorías, que, como en el caso de Einstein, no podía justificarse meramente en términos de evidencia a favor de la teoría. Como Polanyi claramente sugiere, este conocimiento tácito (como él lo llama en algunos de sus escritos más famosos) sólo puede concretarse en el contexto de una comunidad de agentes cognitivos educados en un saber-cómo-depender-epistémicamente (utilizando la terminología que introduciré más adelante). Esta idea de Polanyi puede generalizarse en el contexto de un modelo social de la cognición como el que esbozo en la sección 4, pero esto no lo haré aquí. Lo que aquí me interesa es hacer ver la importancia que tiene un concepto de confiabilidad epistémica proveniente de la técnica y que, por lo tanto, nos aleja del énfasis en un concepto de justificación construido alrededor del eje observación-teoría. Este interés, sin embargo, no debe entenderse como falta de interés en el tipo de problemas a los que Polanyi apunta. Esta idea de Polanyi se encuentra desarrollada de diversas maneras y con énfasis diferentes en toda su obra. Véase, por ejemplo, su primer libro, *Science, Faith and Society* (1946).

Este historicismo pone énfasis en el estudio de “culturas locales”. Dos ejemplos paradigmáticos de este tipo de enfoque son *Leviathan and the Air Pump*, de Steven Shapin y *Simon Schaffer* (1985), y *Galileo Courtier*, de Mario Biagioli (1993). Shapin y Shaffer arguyen que los hechos a partir de los cuales se explica el “éxito” de Boyle (en su controversia con Hobbes) se construyen en una cultura de caballeros, y que el código de conducta (y sobre todo de confianza) de esa cultura es un elemento crucial de la explicación. Biagioli arguye que es en el ambiente de las cortes italianas del siglo xvii donde se conforman las posiciones epistémicas y los criterios epistémicos evaluativos involucrados en la controversia entre Galileo y sus críticos aristotélicos.

Sin embargo, esta tendencia contemporánea a generar explicaciones causales puramente locales de conceptos y estándares en la historia de la ciencia no puede ser todo lo que puede decirse sobre la ciencia como actividad epistémica. Como dice Peter Dear en *Discipline and Experience, the Mathematical Way in the Scientific Revolution* (1995), refiriéndose al problema que plantea la explicación de la aceptación casi universal de estándares epistémicos distintivos de la ciencia moderna hacia finales del siglo xvii: “Las explicaciones puramente locales para cada tipo de actividad experiencial [en la elaboración de conocimiento natural] dejarían una constelación de coincidencias inexplicables que se extienden de Londres a Roma, de París a Varsovia, y más allá” (p. 4). Qué es una práctica o técnica experimental, por ejemplo, no puede entenderse localmente, a partir de reconstrucciones locales de experimentos, sino que requiere el uso de categorías epistémicas tales como “experimento”, “explicación” y “evidencia” de manera tal que trascienda una explicación en términos

⁹ Si bien la crítica de una racionalidad algorítmica proviene de trabajos de Hanson, Polanyi y Toulmin 1961, usualmente esa crítica se asocia con los trabajos de Kuhn y Feyerabend. Toulmin por ejemplo, principia el capítulo seis con la siguiente oración: “La ciencia no es una computadora intelectual: es una estampa de la vida.” La idea de Hanson de que “el crecimiento de la ciencia tiene muy poco que ver con el rearrreglo de hechos en patrones formales, sino con el descubrimiento de nuevos patrones de explicación” va en una dirección similar (p. 2 de *Patterns of Discovery*). Toulmin, como Hanson y Polanyi, no acepta la distinción entre el contexto de descubrimiento y justificación considerada crucial en las filosofías empiristas de Reichenbach, Carnap y Popper. El rechazo de este supuesto lleva directamente al rechazo de la idea de una “racionalidad algorítmica”. Por supuesto, el inverso de esta tesis es falsa. Es posible rechazar una racionalidad algorítmica y aceptar como epistemológicamente crucial la distinción entre los contextos de descubrimiento y justificación.

de culturas locales.¹⁰ La pregunta acerca del origen de la normatividad epistémica de esas categorías subyace, pues, a la dificultad planteada por Dear.

El empirismo lógico, y más en general la filosofía analítica de la primera mitad del siglo xx, tenía una respuesta clara para este tipo de cuestiones. Los agentes racionales llegan a acuerdos en la medida en que, ejerciendo sus capacidades cognitivas, que son significativamente similares en todos los agentes, son capaces de desarrollar ciertas “intuiciones preanalíticas” que racionalmente explican la coincidencia de juicios y la estabilización de categorías epistémicas.

Laudan, por ejemplo, en los años setenta trataba todavía de incorporar en su teoría de la ciencia la idea de que muchas decisiones son el resultado del ejercicio de “intuiciones preanalíticas” que llevaban a los científicos de una época a decidirse por proseguir una determinada ruta de investigación. Ciertamente, este tipo de fundamentación para un proyecto filosófico es bastante cuestionable y parece entrar en conflicto con toda una serie de estudios cuidadosos que han sido llevados a cabo por historiadores y sociólogos de la ciencia. Además, la crítica a este tipo de epistemología iniciada por Quine y continuada en diferentes direcciones por las diferentes teorías de “epistemología naturalizada” han puesto de manifiesto varias dificultades de fondo con este tipo de proyecto.¹¹

En trabajos más recientes, Laudan ya no considera factible una solución de este tipo, y ha puesto énfasis en la idea de que no es necesario tratar de resolver directamente el problema de la racionalidad en la ciencia al elaborar una filosofía normativa de la ciencia. Según Laudan, los “historicistas” cometen el error de pensar

que para explicar el cambio de teorías en la ciencia como un cambio sujeto a estándares metodológicos es necesario apelar a una teoría de la racionalidad que explique como racionales las decisiones del pasado, o por lo menos algunos episodios paradigmáticos. Esto es lo que, según Laudan, lleva a los historicistas a cuestionar la pretensión de normatividad tradicionalmente asociada con la filosofía de la ciencia.

Laudan piensa que todo lo que se necesita es establecer un conjunto de criterios que nos permitirían decidir cuándo debemos escoger una teoría o método, con respecto a nuestros fines cognitivos. La reconstrucción racional de decisiones tomadas por agentes en el pasado no es pertinente, porque se refiere a decisiones tomadas con respecto a fines que no son los nuestros. Para Laudan, los “historicistas”, y Lakatos y Kuhn en particular, confunden una teoría de la racionalidad (que modela las capacidades racionales de los científicos) con una epistemología de la metodología.

De esta manera, como muchos otros filósofos contemporáneos, Laudan concede a los sociólogos que la caracterización del agente racional en la ciencia es demasiado resbaladiza y compleja como para ser el punto de partida para la elaboración de una teoría normativa capaz de dar consejo en materia de elección de teorías. El tipo de solución que Laudan propone requiere un registro histórico de las decisiones que en el pasado se han tomado respecto de la elección de teorías, para poder utilizar este registro como base para una decisión empíricamente fundamentada acerca de qué metodología es mejor. Este tipo de registro, sin embargo, me parece que es simplemente inexistente, o por lo menos tan resbaladizo como la alternativa que Laudan rechaza de entrada. La pretensión de Laudan de que el establecimiento de este registro otorga a la historia de la ciencia un papel crucial en la filosofía de la ciencia me parece que ha sido rechazado, con razón, por los historicistas. Por otro lado, es importante reconocer que la motivación de la Laudan es genuina, y que de no encontrarse una manera de establecer el carácter privilegiado de muchas decisiones en la historia de la ciencia, la conclusión relativista extrema sugerida por algunos historicistas parece inevitable.¹²

Incluso si le concedemos a Laudan que su estrategia de reducir una teoría de la racionalidad científica a una

¹⁰ Esto no quiere decir que el establecimiento de estas categorías epistémicas no pueda explicarse históricamente. Precisamente esta tarea, en el caso específico de cómo se establecen los estándares epistémicos distintivos de la ciencia moderna durante el siglo xvii, es el tema del libro de Peter Dear mencionado anteriormente. Queda por contestar, sin embargo, la pregunta de hasta que punto, y de qué manera, este tipo de explicación puede ayudarnos a responder la pregunta propiamente filosófica sobre el origen de la normatividad epistémica.

¹¹ Éste es un tema muy importante y mucho más complejo de lo que sugiere mi comentario. En todo caso, no es un tema que pueda discutir aquí. Un trabajo reciente en el que se hace una crítica sistemática a la epistemología analítica es el libro de Stephen Stich *The Fragmentation of Reason* (1990). Véase también Cherniak 1988. En diferentes maneras y grados todos los autores mencionados en la nota 1 se sitúan en esta tradición de crítica a la epistemología analítica, y en particular al supuesto de que la filosofía busca principios a priori caracterizables con independencia de los métodos de la ciencia.

¹² Esta estrategia de rodeo respecto del problema de la racionalidad, como problema de la relación de una realidad psicológica con una estructura de normas epistémicas, no es privativa de Laudan. La aseveración de Feyerabend en muchos de sus escritos de que el tema de la racionalidad es de poca importancia en la ciencia debe entenderse como un rechazo al modelo algorítmico de la racionalidad y, más de

teoría del progreso (entendida ésta como una teoría que explica los patrones históricamente detectables de nuestras actitudes epistémicas hacia las teorías) logra responder muchas de las interrogantes y las dificultades que la sociología del conocimiento parecía plantear como obstáculos irremovibles para una teoría no relativista de la metodología, hay otro supuesto problemático adicional en este tipo de proyecto.

Esta manera de caracterizar el progreso de la ciencia requiere que sea posible encontrar un principio que permita la evaluación comparada de diferentes opciones de acuerdo con un estándar epistémico; de otra forma correríamos el riesgo de caer en un círculo vicioso: la evaluación de una regla requiere la evaluación de otra anterior, y así hasta el infinito. Según Laudan, este principio sería una articulación de nuestras convicciones inductivistas normales acerca de las teorías metodológicas estarían dispuestas a aceptar.¹³ Pero esto exige que sea posible hablar de “nuestros fines” de una manera clara y suficientemente bien delimitada que no parece posible. Después de todo, las diferentes comunidades en el presente tienen fines diferentes y maneras diferentes de “recortar” el mundo (y, por lo tanto, individualizan las acciones de distinta manera). Por ejemplo, una comunidad de sistematistas comparten más fines y valores con comunidades de sistematistas del pasado que con biólogos moleculares o con físicos de altas energías del presente. Si Laudan cuestiona que podamos darle sentido a la idea de que compartimos valores y fines con Newton o Darwin, o con Einstein, como para que sea relevante incorporar sus decisiones en nuestra epistemología, ¿por qué pensar que las diferentes comunidades de científicos hoy día comparten valores y fines de manera significativa, para poder justificar “nuestros” estándares?¹⁴

fondo, como un rechazo a la idea de que hay una racionalidad distintiva de la actividad científica que permite justificar la noción ilustrada de que los científicos son el paradigma de un agente racional. Sin embargo, muchas veces Feyerabend (si bien se distancia claramente de esta idea de que hay algo así como “buenas razones”, y por lo tanto que existen criterios de corrección epistemológicos que desempeñan un papel importante en las explicaciones del cambio científico. En *Against Method* (1978), por ejemplo, Feyerabend arguye que dado que es posible mostrar que Galileo no tenía una base teórica suficiente como para justificar la preferencia por la teoría de Copérnico, entonces la explicación de esa preferencia no puede formularse como una preferencia racional. Feyerabend no considera la posibilidad de que las razones que Galileo tenía para preferir la teoría de Copérnico pudieran provenir de la confiabilidad de sus instrumentos (aunque éstos fueran “defectuosos”). Distinguir estas dos cuestiones es crucial para el tipo de propuesta que aquí propongo.

¹³ Véase, en particular, Laudan 1987.

Aquí quiero poner el énfasis en otra dificultad que surge con este tipo de enfoque. Laudan como se hace usualmente, presenta el problema epistemológico que está en el fondo de la controversia entre “sociólogos” y “epistemólogos” en relación con el problema de elegir entre teorías. No hay duda de que éste es un problema importante, pero la demarcación tajante implícita del ámbito en el cual tiene lugar una evaluación epistémica en la ciencia no puede dar cuenta de aspectos cruciales de la historia de las controversias científicas que toda la filosofía de la ciencia debe aspirar a elucidar. Lo que quiero recalcar con los ejemplos que presentaré más adelante es que formular una teoría del conocimiento científico como un proyecto epistemológico normativo, a partir de una reconstrucción de la historia de la ciencia como un registro de nuevas actitudes epistémicas con respecto a teorías, deja de lado muchos temas cuya importancia pasada y presente en la historia de la ciencia ha sido mostrada por

¹⁴ La diferencia en los fines y valores epistémicos de las diferentes comunidades científicas no es algo que pueda reducirse a cuestiones acerca de nuestras actitudes epistémicas para con las teorías. Ésta es una tesis muy apoyada por toda la literatura sobre el tema de las prácticas científicas. Véase, por ejemplo, la serie de trabajos presentados en el libro compilado por Jed Buchwald (1995), *Scientific Practice*, y la antología compilada por Pickering (1992), *Science as Practice and Culture*. Creo que tanto el supuesto de que existe un principio de aplicación universal que puede servir de base para decidir entre metodologías, como la restricción del problema epistemológico a cuestiones de elección de teorías, sugieren una manera de plantearse los problemas filosóficos que tiende a ignorar el hecho de la diversidad de fines y valores en las diferentes tradiciones científicas a la hora de plantear los problemas filosóficos. Los problemas del progreso, del realismo y del cambio científico tienden a plantearse como si no fuera posible hablar de diferentes sentidos de progreso filosóficamente significativos, en relación con diferentes tipos de prácticas. Muchas veces se asume que no se ha alcanzado una visión distintivamente filosófica si no podemos responder a la pregunta de qué es el progreso o el cambio científicos, de manera global y unificada. En Martínez 1993^a arguyo que hay diferentes conceptos de progreso asociados con diferentes tipos de tradiciones científicas. Tradicionalmente, problemas como el del progreso y el del realismo se plantean en términos de si la ciencia permite o no cierto tipo de indiferencias (en un caso a la realidad, en otro a modelos de cambio). Como si formular los problemas de esa manera global, hablar de la evaluación de patrones de inferencia en relación con la ciencia en bloque, fuera algo que tiene un sentido intrínseco que es imposible cuestionar para tratar de replantear el problema de manera más fructífera. En Rouse 1996 se elabora una idea de Fine dirigida a reconocer la importancia de formular el problema del realismo “por pedazos”.

sociólogos e historiadores, ha sido importante incluso en el proceso de establecer qué es o no conocimiento científico y, en particular, qué es o no un buen estándar epistémico.

Una salida fácil a las implicaciones de este tipo de trabajo para la epistemología, a la que muchas veces recurren los filósofos, es que una cosa es la historia de las instituciones y las prácticas científicas y otra cosa es el tipo de historia que debe importar en un modelo filosófico, o del cual éste tiene que dar cuenta. El problema es que no hay tal distinción tajante entre una historia con pertinencia epistemológica.¹⁵ Los libros de Shapin y Schaffer, Biagioli y Dear antes mencionados son buenos ejemplos de por qué no es posible separar los problemas historiográficos de los problemas epistémicos de manera tan tajante.

Con estas observaciones preliminares pasemos a examinar dos ejemplos dirigidos a mostrar la pertinencia de plantearse los problemas filosóficos que suscita la ciencia desde una perspectiva más amplia que la tradicional. Examinemos brevemente cómo se suele plantear el problema de entender el desarrollo de la física en el siglo xx. Desde el punto de vista de los debates filosóficos se asume de entrada que había una vez una teoría fundamental, la teoría clásica, que fue sustituida por la mecánica cuántica en el nivel microscópico y por la teoría de la relatividad en el nivel cosmológico, de manera análoga

a como la teoría de Copérnico sustituyó a la teoría de Ptolomeo en astronomía. En varios sentidos, y por diversas razones, tal manera de ver el desarrollo de la física es erróneo. Aquí me voy a concentrar en elaborar una de ellas.

La teoría de Copérnico y la de Ptolomeo son excluyentes, en el sentido de que a lo más una de las dos describe correctamente la estructura del sistema planetario. Pero la mecánica cuántica y la mecánica clásica no son excluyentes en ese sentido como descripciones de la estructura del mundo físico. Se piensa que como lo mecánica cuántica es una teoría fundamental de la física, entonces esa teoría por sí sola, tienen que ser capaz de generar descripciones de cualquier sistema físico, en términos de propiedades identificables con valores de estados cuánticos. En la medida en que abandonemos esta idea y estemos dispuestos a aceptar que diferentes descripciones de estado pueden ser ambas “correctas”, el tema de la elección de teorías deja de ser el tema central en el contexto de una de las controversias más importantes en la filosofía de la física en el siglo xx.¹⁶

Una vez que se acepta esa posibilidad, la controversia se desplaza hacia el problema de entender cómo es que estas diferentes perspectivas teóricas pueden ser utilizadas de manera provechosa para el avance de nuestra comprensión del mundo físico.¹⁷ El planteamiento de los problemas centrales de la filosofía de la ciencia desde la perspectiva de la elección de teorías sugiere que el problema epistemológico que plantea la mecánica cuántica surge de “un problema de interpretación”, cuyas opciones son: o bien hacer ver hasta que punto es prescindible la descripción clásica de estado, o bien abrazar una interpretación instrumentalista de las teorías. Como en el caso de la controversia entre los copernicanos y los

¹⁵ Esto no es trivial; incluye la discusión acerca de la relación o autonomía entre los contextos de descubrimiento y justificación y, más de fondo, la plausibilidad de una epistemología histórica no reductivista (de razones a causas). El artículo de Thomas Nickles “Beyond Divorce: Current Status of the Discovery Debate” (1985) examina desde una perspectiva muy sugerente el problema de fondo. Nickles propone un concepto de justificación (con variantes) que puede servir de punto de partida en una epistemología histórica. Nickles llama a este concepto “justificación generativa”. La idea de fondo es que la relación entre descubrimiento y justificación no tiene que ser una relación directa entre la justificación y la manera en la que de hecho se descubre algo; ésta es una forma usual de entender la relación entre descubrimiento y justificación que con razón ha sido muy criticada. Lo que Nickles intenta es reformular aceptablemente la idea que subyace a toda esa larga tradición metodológica asociada con la tesis de Newton de que es posible justificar una teoría a partir de lo que ya sabemos de la naturaleza, a partir de (la estructura de) los fenómenos. Nickles deja ver que hay conexiones importantes entre las ideas de “evaluación heurística” de Lakatos y la versión mucho más elaborada propuesta por Wimsatt, con esta noción de justificación generativa. Este concepto de justificación puede elaborarse en varias direcciones en el contexto de lo que más adelante llamo “estructura heurísticas”, algo que no abordaré explícitamente en este texto.

¹⁶ En Martínez 1991 muestro cómo es posible entender las estadísticas cuánticas como si se refirieran a estados de sistemas individuales, de manera tal que las descripciones de estado cuánticas sean compatibles con descripciones de estado clásico de los macrosistemas que se utilizan como sistemas de medición. En “Realismo interno versus realismo contextual” (1993a) presento una versión de la misma idea.

¹⁷ Es importante recalcar que todo lo que es necesario aceptar para llegar al planteamiento anterior es que la mecánica cuántica no nos compromete con la tesis de que todos los sistemas en todas las situaciones tienen un estado cuántico. Esto es compatible con una interpretación literal del formalismo en la medida en que no es posible hablar de predicciones de la mecánica cuántica fuera de su formulación en complejos sistemas tecnológicos que hacen que esas predicciones, que son predicciones acerca del comportamiento de aparatos, dependan de un contexto cuya confiabilidad no puede ser explicada teóricamente.

geocentristas, se sugiere que éstas son nuestras únicas opciones; pero esto es falso.

En el caso que nos ocupa, una tercera opción consiste en tomarse en serio el hecho de que toda descripción de estado cuántico se relaciona con una descripción clásica de estado por medio de un sistema tecnológico. Un sistema tecnológico consiste en un complejo de modelos teóricos y aparatos suficientemente complicado como para que la confiabilidad del sistema tecnológico en la formulación y evaluación de predicciones no sea explicable teóricamente.¹⁸ Por ejemplo, para Galileo, el aparato junto con las técnicas que él mismo había desarrollado para hacer observaciones confiables constituyen un sistema tecnológico. Como Feyerabend arguye (véase la nota 11), Galileo no podía explicar teóricamente esta confiabilidad. Nancy Cartwright, en *How the Laws of Physics Lie* (1983), hace ver que son sistemas tecnológicos, y no simplemente teorías, los responsables de un buen número de predicciones exitosas. Esto es, muchas veces no podemos entender la mediación que un aparato hace entre la teoría y el mundo, como una mediación explicable en términos de leyes y algoritmos (como cuando se recurre, en la mecánica cuántica, a la interpretación generalizada de Born). En todo caso, la predicción debe entenderse como resultado de un sistema tecnológico que incluye a la teoría, y no como la predicción de una teoría que simplemente “hace uso” de un aparato.

Desde la perspectiva tradicional se piensa que la mediación tecnológica es prescindible desde el punto de vista epistémico; pero esto es lo que no parece ser más que una vana ilusión. Podemos pensar que, como en el caso de Galileo, tarde o temprano el poder predictivo de los sistemas tecnológicos podrá explicarse teóricamente. El poder predictivo del telescopio sólo pudo explicarse teóricamente de manera satisfactoria en el siglo XIX; pero no hay ninguna razón para pensar que esto debe ser siempre así.

¹⁸ Tal como utilizo el término de “sistema tecnológico”, éste tiene más que ver con algunas versiones del concepto de “caja negra”, como este vocablo se utiliza en estudios sociales de la ciencia, que con la forma en que se utiliza el término en trabajos de autores como Bijker, Hughes y Pinch (véase, por ejemplo, *The Social Construction of Technological Systems* (1987), compilado por estos autores). Otra distinción relacionada es entre tecnología “opaca” y “transparente”. En la medida en que se entiende cómo funciona un aparato de radio, por ejemplo, la tecnología es transparente. A grandes rasgos, un sistema tecnológico es un complejo de modelos, técnicas, instrumentos y habilidades con partes (que serían “cajas negras”) cuyo funcionamiento es opaco desde la perspectiva de las mejores teorías aceptarlas por una comunidad.

El caso de la mecánica cuántica es ilustrativo. Los sistemas tecnológicos que permiten formular predicciones exitosas explotan relaciones causales “accidentalmente” establecidas entre el nivel cuántico y el nivel macroscópico, esto es, relaciones producto de la “historia” de la estructura causal del mundo.¹⁹ El azar del mundo cuántico se manifiesta en la imposibilidad de generalizar interferencias respecto de la relación entre sus estados cuánticos y estados clásicos. Pero entonces, las inferencias respecto de la relación de estados que podemos hacer en una situación, a partir de un sistema tecnológico, no tienen por qué ser válidas con respecto a otro sistema tecnológico, ni siquiera “en principio”. Nuestra tecnología nos permite ir haciendo un mapa de esas relaciones entre estados, pero no tenemos por qué pensar que en algún sentido nos estamos aproximando a una caracterización general. De modo que el problema de la relación entre estados cuánticos y clásicos es una relación contingente. No parece ser posible establecer de una vez y para siempre que las descripciones clásicas y las cuánticas sean compatibles en el sentido que asume la interpretación generalizada de Born. De encontrarse un sistema tecnológico en el que la inferencia a un estado cuántico no sea posible, esto no implica necesariamente que la teoría cuántica sea incorrecta.²⁰

Si bien esta anomalía en la relación entre estados clásicos y cuánticos nos lleva a cuestiones muy difíciles, para nuestro propósito basta mostrar que este tipo de problemas apunta hacia una manera de plantear los problemas filosóficos que exige abandonar ideas simplistas sobre categorías metafísicas tan básicas como la de ley de la naturaleza, y a su vez nos obliga a formular los problemas más básicos de la epistemología científica en términos de una estrecha relación entre diferentes teorías, prácticas y aparatos (lo que he llamado sistemas tecnológicos) de un modo que la filosofía tradicional de la ciencia simplemente ignora.

Una epistemología de la ciencia tiene que dar cuenta de cómo crece el conocimiento científico-técnico. La manera de hacerlo dependerá de qué entendamos por conocimiento; sin embargo, no podemos decidir qué es conocimiento por medio de definiciones. La historia de la ciencia tiene que desempeñar un papel decisivo en nuestra epistemología; pero este papel no tienen que ser el que Laudan y muchos otros filósofos le asignan: un registro de cierto tipo de hechos, éxitos o fracasos en relación con la aplicación de métodos.

¹⁹ Este tema lo trato en 1996b (ms. inédito).

²⁰ Lo único que se demostraría es que la interpretación generalizada de Born es inaceptable. Véase Cartwright 1995.

A continuación presento otro ejemplo que muestra un sentido importante en el cual el problema de la elección entre teorías no es central para responder a la pregunta de cómo crece el conocimiento en ciertas tradiciones científicas. Este ejemplo hace evidente cómo muchas veces la investigación científica gira alrededor de la reconstrucción de procesos que constituyen un eje interdisciplinario con respecto al cual se orientan y se calibran los criterios epistémicos de diferentes tradiciones. Por ello, el ejemplo contribuirá a elucidar el sentido en el cual esos estándares o criterios implícitos en diferentes tradiciones (que entiendo como agrupamientos estables de prácticas con fines compartidos) se modifican, y cómo el conocimiento avanza con independencia de las cuestiones relacionadas con la elección de teorías.

Es muy común hablar de “la revolución darwiniana” como un ejemplo más del tipo de “revoluciones” que ejemplifica la “revolución copernicana”. Se habla de la revolución que tuvo lugar cuando la idea de diseño divino fue sustituida por la teoría de la evolución de Darwin publicada en 1859.²¹ Esta idea, muy extendida todavía hoy en día, está profundamente equivocada. Spencer y Haeckel, por ejemplo, eran fervientes evolucionistas que pensaban que la evolución era el resultado de leyes de la naturaleza similares a las leyes de la física. Ambos estaban en desacuerdo con respecto a exactamente qué tipos de leyes explicaban el proceso de la evolución; Spencer pensaba que la ley describía una tendencia a pasar de lo más simple a lo más complejo, Haeckel pensaba que esa ley era similar a la ley de la conservación de la energía, pero ambos entendían la evolución como un proceso cuya explicación no recurría a Dios.²²

El evolucionismo de Darwin, así como el de Haeckel, Spencer y muchos otros científicos de la segunda mitad del siglo XIX, se tiene que ver como parte del recono-

cimiento de la importancia creciente que adquirió a lo largo de ese siglo el problema de explicar la historia de la vida. Como Bowler lo muestra en *Life's Splendid Drama* (1996), los diferentes conceptos de evolución desarrollados en la paleontología, la embriología, la morfología y otras disciplinas desempeñan un papel central en la historia de la biología del siglo XIX, y esto obedece a que se ocupan del problema de reconstruir la historia de la vida. Éste es el contexto apropiado para reconstruir la historia del concepto de evolución; sólo de manera muy tangencial la manera como el concepto de evolución se “historiza” se desarrolla a través de una controversia entre la teoría de Darwin y la de Lamarck. Si bien en *El origen de las especies* (1956 (1859)) Darwin plantea la conexión entre la interpretación de la evolución como un proceso histórico y el mecanismo de la selección natural, dicha conexión no se formuló de manera explícita y central para el concepto de evolución sino hasta el siglo XX.

Las diferencias y similitudes entre los conceptos de evolución en Darwin, Haeckel y Spencer son varias y complejas, y tienen que ver con el peso que los distintos autores otorgan al concepto de evolución prevaleciente en las diferentes tradiciones biológicas.²³

Spencer entiende su “teoría de la evolución” como el resultado de una generalización de una “ley del progreso orgánico” a todo proceso sujeto a cambio temporal. La “ley del progreso orgánico” era una idea que von Baer había introducido en la embriología del siglo XIX y que había sentado las bases de la embriología como estudio del proceso por medio del cual el feto se transforma hasta adquirir la forma adulta; en la transformación intervienen diversos cambios cuyo fin es alcanzar esa forma. Haeckel elabora su idea de evolución valiéndose de sus trabajos en morfología, que en la primera mitad del siglo XIX se había consolidado con base en el uso y la extensión

²¹ Kuhn 1970, p. 171: “Todas las teorías evolucionistas pre-darwinianas famosas —las de Lamarck, Chambers, Spencer y los *Naturphilosophen* alemanes— habían tomado la evolución como un proceso dirigido a metas. Se pensaba que la ‘idea’ del hombre y de la flora y la fauna contemporáneas había estado presente desde el inicio de la creación de la vida, tal vez en la mente de Dios. Esa idea o plan había suministrado dirección y fuerza rectora a todo el proceso evolutivo.”

²² Y si piensa que la diferencia es que la teoría de Darwin no recurría a supuestos teleológicos, veremos que, como Richards y otros historiadores de la biología han hecho patente, en todo caso ésta es una diferencia de grado y de énfasis (véase, por ejemplo Richards 1992). Ni siquiera para Darwin se puede decir que ésta haya sido una diferencia central entre las distintas teorías. Las diferencias y las similitudes en los conceptos de evolución de Darwin, Haeckel y Spencer los examinó en Martínez 1998.e

²³ Hay ciertamente un aspecto importante que distingue la propuesta de Darwin de las de los otros evolucionistas, a saber, el tipo de “mecanismo” que explicaba la evolución. Darwin, en *El origen de las especies*, pensaba que el mecanismo principal de cambio era la “selección natural”; sin embargo, ni Spencer ni Haeckel, y prácticamente ninguno de los demás convencidos “evolucionistas” en la segunda mitad del siglo XIX, estaba de acuerdo con Darwin en que el mecanismo principal responsable de la evolución fuera la “selección natural”. El hecho que esta diferencia, que ahora vemos como crucial, haya sido ignorada en el siglo XIX refuerza la tesis que aquí defiendo: el predominio del evolucionismo en la ciencia del siglo XIX no puede explicarse en términos del impacto de “la teoría de Darwin”. La explicación es bastante más complicada y, como ya lo mencionamos, requiere tomar en cuenta el desarrollo de técnicas para la reconstrucción de relaciones filogenéticas en diferentes tradiciones.

de técnicas de la anatomía comparada y de la embriología para la reconstrucción de relaciones evolutivas o filogenéticas. En Darwin, los aspectos más distintivos de la teoría se formulan a través de una “perspectiva poblacional” íntimamente ligada a la biogeografía.

Por otra parte, estrictamente hablando, el descubrimiento de una serie de fósiles en los años 1860 y 1870 tuvo más impacto en las diferentes tradiciones de investigación que en el siglo XIX se preocuparon por la reconstrucción de la historia de la vida (sobre todo, la paleontología), que la teoría de Darwin. Hoy día, el “historicismo” de la teoría de la evolución es casi evidente, pero no era así en el siglo XIX. Incluso T.H. Huxley, uno de los más famosos defensores de la teoría de Darwin, parece haberse percatado sólo muy lentamente de la importancia de ese historicismo para la paleontología.²⁴ El desarrollo de la biogeografía evolucionista, uno de los más importantes en cuanto a articulación de argumentos de diferentes ciencias y, sobre todo, una fuente de evidencia que satisfacía cánones metodológicos estrictos comunes en la época, no tomó fuerza sino hasta después de la publicación del libro de Wallace *Geographical Distribution of Animals*, en 1876. La elaboración de un concepto historicista de evolución, que poco a poco se alejó de las interpretaciones teleológicas del proceso, tuvo lugar de manera relativamente independiente en diferentes tradiciones científicas, y también con diferentes rito y énfasis.

Este apretado resumen de una compleja historia debe dejar claro que tratar de entender la historia de la biología en términos del paso de la teoría de Lamarck a la teoría de Darwin, o de “revoluciones” teóricas similares, es algo que no puede ir por buen camino. Es más intentar modelar esta compleja historia en términos de decisiones con respecto a teorías parecería condenarnos, de entrada a reconocer la irracionalidad de la historia, o por lo menos la imposibilidad de que un historiador pueda recoger suficientes retazos como para reconstruir algo tan complejo como un proceso racional.

Otra dificultad que genera el énfasis de la epistemología en el tema de la elección de teorías para una filosofía de la ciencia que pretenda reconstruir la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia como racional es la siguiente. Las teorías no tienen el tipo de identidad que solemos asociar con personas. Por ejemplo, la teoría de Darwin actual es bastante diferente de la que se conocía como la teoría de Darwin hace un siglo. Pensar que la teoría de Darwin y, para el caso, cualquier teoría o método, tienen una identidad similar a la personal, la

cual puede servirnos de punto de apoyo para las explicaciones de los procesos por medio de los cuales el conocimiento crece, es ingenuo. Así como Darwin mostró que no hay una esencia de lo que es una especie biológica, y que una especie no es más que una población de individuos genealógicamente relacionados, así los métodos y las teorías no tienen otra individualidad que la que les confiere el ser parte de poblaciones de métodos o modelos genealógicamente relacionados. En este caso, la genealogía puede hacerse explícita a través de un estudio de la historia de las prácticas científicas pertinentes.

Uno de los significados de la teoría de Darwin —pero que sólo se reconoció como tal en el siglo XIX— es que permite integrar todo un conjunto de resultados establecido en las diferentes tradiciones de la biología del siglo XIX como el resultado de explicaciones basadas en el mecanismo de la selección natural. Explicar cómo es que de esas formas locales de entender la teoría de Darwin, en cuanto similar o diferente de las teorías de Spencer, Haeckel, Wallace y otros, surge un acuerdo con respecto al valor de la teoría darwiniana para el desarrollo de una visión unificada de la biología es ciertamente un problema importante, análogo al que plantea Dear en la cita que dimos en la primera página; sin embargo, no es un problema que pueda descomponerse, en ningún sentido interesante, en cuestiones de nuestra actitud epistémica respecto de una teoría, o de una serie de teorías. Si la historia va a servir de base empírica para una explicación del origen de la normatividad epistémica, es necesario que entendamos la historia de una manera más compleja que incluya el papel de la dinámica y la estructura de las diferentes tradiciones y prácticas científicas.

Con lo anterior no pretendo decir que la reflexión filosófica respecto de cómo la evidencia y otros factores guían nuestras actitudes epistémicas hacia las teorías no sea un problema central de la epistemología. *La cuestión es que no podemos pretender que sea a través de ese problema como debemos aproximarnos al que supone entender el concepto de racionalidad pertinente para entender como racional y explicativa la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia.*²⁵ Hacking fue uno de los primeros en subrayar que la historia de las teorías; es también la historia de los instrumentos las técnicas de

²⁴ Véase Bowler 1996, en particular, el capítulo 7.

²⁵ Por lo común se piensa que la historia desempeña un papel indirecto en una explicación naturalista del origen y la estructura de los estándares epistémicos. Se cree que la historia nos da un registro de nuestras actitudes epistémicas con respecto a teorías que podemos utilizar para tomar decisiones en cuanto a qué métodos o teorías es más probable que lleven a la consecución de nuestros fines. Como Laudan la ha recalado, este tipo de explicación, sin embargo, vuelve prescindible de

experimentación y de muchas otras cosas.²⁶ Y este tipo de actividad no puede ignorarse en una filosofía de la ciencia que proponga una relación racional con la historia de la ciencia.

3. El reduccionismo cientificista y la racionalidad

La dificultad que tiene que confrontar una reducción de la racionalidad científica a la historiografía de la ciencia entendida como una teoría de éxitos o fracasos en la elección de teorías fue percibida, en otro contexto, por Herbert Simon en los años cincuenta. En 1955, Simón resumió su motivación para buscar una caracterización psicológicamente realista del concepto de “elección racional” como sigue:

La finalidad de todas estas construcciones de una racionalidad aproximada es proporcionar materias para la construcción de una teoría del comportamiento de un individuo humano particular, o de un grupo de individuos que tengan que tomar decisiones en el contexto de una organización. La aparente paradoja que hay que confrontar es que la teoría de las empresas y de la administración intentan explicar el comportamiento humano en situaciones en las que el comportamiento pretende o trata de ser “racional”; mientras que, al mismo tiempo, pude mostrarse que si asumimos el tipo de racionalidad global de la teoría clásica, los problemas de la estructura interna de la empresa, o de la organización de que se trate, desaparecen prácticamente por completo. (Simon 1955 p. 114)

El problema al que Simon apunta es el que plantea una teoría clásica de la racionalidad en la cual los niveles típicamente sociales de organización de un proceso de decisión en la microeconomía parecen no importar. La dificultad que plantea la manera tradicional de formular problemas de racionalidad en la ciencia es similar. La es-

tructura social de la racionalidad parece no importar. El que una persona aislada, o a lo más con un ayudante, haga un experimento en un laboratorio, o que lo lleve a cabo en colaboración con varios cientos de otros científicos, no se considera pertinente para entender la racionalidad de una decisión o proceso. Las decisiones acerca de qué instrumento utilizar, o cuándo y a quién confiar una tarea, no se toman en cuenta como aspectos dignos de atención para evaluar la racionalidad de un proceso. Si una teoría sólo tiene capacidad de predicción como parte de un sistema tecnológico, y por lo tanto la predicción debe entenderse subordinada a la confiabilidad que podamos atribuirle al sistema (como en el caso de la mecánica cuántica), o si la capacidad de predicción de una teoría requiere la paciencia de un observador de pájaros, como sería el caso de una teoría sobre el comportamiento sexual de los caracoles, no son condiciones que se tomen en cuenta a la hora de tratar de entender la estructura de la racionalidad en cuestión. La estructura social de los estándares epistémicos que constituyen la base de la organización social de la ciencia simplemente se ignora.

Por otro lado, es importante dejar claro que una motivación de fondo de todos estos modelos “clásicos” de la racionalidad parece genuina. Como dice Sellars en el mismo trabajo del que tomamos el epígrafe, la tarea filosófica se distingue “por tener siempre un ojo en el todo”. Pero ese todo no está dado a priori, por lo tanto la respuesta filosófica va a depender de nuestro conocimiento empírico; la noción implícita de experiencia no tiene que ser la del empirista tradicional, sino que puede ser un concepto más amplio que abarque cómo es que el conocimiento se estructura en prácticas y tradiciones.

Me parece que, en su libro *Filosofía de la ciencia*, Javier Echeverría diagnostica correctamente el problema de fondo; según él, muchos de los filósofos y sociólogos contemporáneos se aferran al supuesto cientificista que asume que algún tipo de empirismo claramente limitado a reconocer como experiencia las consecuencias que podemos sacar del establecimiento de (regularidades entre) hechos, es la base para entender la ciencia. Este empirismo es homogeneizante en el sentido de que la experiencia que supuestamente es la fuente de nuestro conocimiento no es una experiencia cualitativa. Esto es, se piensa que la experiencia no tiene maneras cualitativamente específicas de constituirse como experiencia de un tipo o de otro. El rechazo de este empirismo homogeneizante es lo que lleva a Echeverría a estudiar la ciencia desde una perspectiva “no epistémica”, la cual involucra el estudio de cuatro contextos: el contexto de educación, el contexto de innovación, el contexto de evaluación y contexto de aplicación. Estoy totalmente de acuerdo con el

racionalidad de nuestras reconstrucciones de la historia de la ciencia en la explicación del origen de la normatividad. No obstante, me parece que la conclusión que debemos sacar es que este tipo de explicación tiene serias limitaciones.

En la medida en que la relación de la historia de la ciencia con la epistemología no se reduzca a la de proveer hechos pertinentes para decidir entre teorías, sino que incluya la importancia del proceso por medio del cual se van constituyendo las complejas estructuras de estándares implícitos en las diferentes prácticas científicas, la historia de la ciencia deberá verse relacionada racionalmente con la filosofía de la ciencia.

²⁶ Véase Hacking 1983.

tipo de reorientación axiológica que para la filosofía de la ciencia promueve Echeverría, pero creo que para poder desarrollar esa perspectiva no debemos conceder a los promotores de ese cientificismo homogeneizante la concepción estrecha que asume de la epistemología y la cognición.

Ciertamente, una filosofía de la ciencia no puede limitarse a estudiar la ciencia desde un punto de vista meramente epistémico. La filosofía de la ciencia, como Echeverría y otros autores recientes la empiezan a formular, puede y debe tratar de alcanzar ese punto de vista amplio que caracteriza a la filosofía, por medio de un reconocimiento de la variedad de fines (epistémicos y no epistémicos) que intervienen en la construcción de la ciencia. No obstante, me parece crucial para la formulación de esa perspectiva filosófica una reflexión seria e informada empíricamente acerca de la naturaleza de la cognición que supere la manera tradicional de entender la epistemología. En la medida en que, como argumentaré más adelante, tengamos buenas razones para tomarlos en serio la estructura de las prácticas científicas en la conformación del conocimiento científico, no podremos distinguir de manera tajante entre valores epistémicos y valores no epistémicos, o bien entre virtudes epistémicas y no epistémicas.

Una virtud epistémica es una estrategia cognitiva que promueve el conocimiento a través de estándares implícitos en prácticas y de su adecuación e interacción mutua con respecto a valores y fines. Es importante destacar que esta caracterización de virtud epistémica no reduce la racionalidad a racionalidad instrumental. En la medida en que una virtud epistémica promueva en primer lugar el desarrollo y la interacción de estándares implícitos en prácticas con respecto a valores y fines que pueden ser muy diversos, resultará racional promover diferentes valores y fines. El conocimiento no tiene por qué entenderse como un resultado final, como un conjunto de creencias justificadas y verdaderas, por ejemplo; hay que entenderlo como una compleja estructura jerárquica que abarca todos esos recursos cognitivos implícitos en las prácticas científicas que nos ayudan a decidir cómo plantearnos los problemas y qué debemos hacer para resolverlos "con un ojo en el todo".

Desde la perspectiva de ciertas prácticas cognitivas, una virtud epistémica por excelencia es la predicción; desde la perspectiva de todas prácticas, la virtud epistémica por excelencia es la capacidad de una teoría de integrar diferentes explicaciones en una explicación unificada, y desde la perspectiva de otras más, la virtud epistémica preeminente es la confiabilidad de un sistema tecnológico. Desde la perspectiva de todas las prácticas, la honestidad intelectual y algunas otras virtudes "morales" cumplen un papel destacado como virtudes epistémicas. La

importancia de este tipo de virtudes en la epistemología es una consecuencia directa del hecho que estamos asumiendo de que la epistemología no puede restringirse a ser una teoría del conocimiento justificado verdadero. La epistemología tiene que abarcar el problema de caracterizar el conocimiento relevante o significativo desde las diferentes perspectivas que surgen del conocimiento de que la experiencia humana tiene una compleja estructura cualitativa que se manifiesta, sobre todo, en la estructura de sus prácticas y tradiciones. Como veremos, esta relevancia toma cuerpo, o se "corporeiza", en la jerarquía de las normas implícitas en las diferentes prácticas cognitivas que guían nuestros juicios.²⁷ De esta manera, la epistemología de una experiencia cualitativa es a la vez una epistemología con historia y con geografía.

4. La estructura social de la cognición

En la concepción tradicional, la cognición se entiende primordialmente como una "arquitectura de símbolos" que se intenta estudiar haciendo abstracción del medio ambiente y de la cultura en la cual tiene lugar. En particular, se piensa que el uso de aparatos y herramientas forma parte de ese medio ambiente, y es necesario abstraerlo para llegar a entender realmente qué es la cognición. Como dice Edwin Hutchins (1995) en *Cognition in the Wild*, las teorías tradicionales de la cognición "no hacen referencia a manos u ojos [...]; ven la cultura simplemente como un depósito de ideas sobre las que operan los procesos cognitivos" (p. 356). Este reduccionismo de la cultura a una serie de contenidos ideacionales es otra versión del reduccionismo cientificista y empirista tan seriamente criticable. Se parte de un agente cognitivo "simplificado" al que posteriormente se intenta agregar elementos culturales e históricos, pero que, en principio, es el punto de partida de toda explicación de un proceso cognitivo. Se asume, de entrada, que todo aspecto cualitativo de la experiencia no es algo real, algo que pueda servirnos de base para una teoría del conocimiento, sino algo "arreglado" por el sujeto a lo único que es real, lo "físico". Como dice Hutchins, este reduccionismo tiene un alto costo:

Quando nos comprometemos con la idea de que toda inteligencia esta dentro de la frontera dentro-fuera, nos vemos forzados a poner dentro todo aquello que se requiere para producir los comportamientos observados. Buena parte de la ciencia cognitiva es un problema de atribución. Queremos

²⁷ He desarrollado este tema, desde una perspectiva diferente, en "Las virtudes epistémicas de un conocimiento probable" (1996a).

aseverar algo acerca de la naturaleza de los procesos cognitivos que generalmente no podemos observar de manera directa. Por lo que, en su lugar, hacemos inferencias sobre la base de evidencia indirecta y atribuimos a los sistemas inteligentes un conjunto de estructuras y procesos que podrían haber producido la evidencia observada. Ésta es una estrategia de investigación venerable y, en principio, no pongo ninguna objeción a su uso. Sin embargo, el no reconocer la naturaleza cultural de los procesos cognitivos puede hacer que nos equivoquemos al identificar dónde están las fronteras del sistema que produce la evidencia de inteligencia. Si no delimitamos el sistema apropiadamente, entonces podemos atribuir las propiedades correctas a un sistema equivocado o (peor aún) inventar las propiedades equivocadas y atribuírselas al sistema equivocado. En este juego de atribuciones, ha habido una tendencia a poner dentro más de lo que debería haber ahí (Hutchins 1995, pp. 355-356)

Quiero detenerme en una crítica a este reduccionismo y en torno a ella elaboraré la perspectiva filosófica que tengo en mente. Parto de la idea de que, en contra de este reduccionismo cientificista del que habla Hutchins, debemos ver la cognición como el resultado de la interacción estable de diferentes prácticas. Son estas prácticas cognitivas las que sirven de punto de partida para identificar las estructuras y los procesos que permiten la atribución correcta de las propiedades cognitivas de un agente en un medio ambiente cognitivo; en sentido estricto, son estos sistemas los que tienen memoria, inteligencia y capacidad de resolver problemas y predecir el futuro, y es en estos sistemas configurados socialmente donde se articulan las razones e inferencias a partir de las cuales se sitúan las creencias y las acciones de las personas, como creencias y acciones propias o atribuidas.

Ahora bien, esto no debe entenderse como una propuesta de extensión metafórica de las propiedades cognitivas de una mente individual a las propiedades de un sistema cognitivo: esto inmediatamente nos confrontaría con el problema de hacer más clara esa "metáfora". Pero la tesis no es que podemos extender "metafóricamente" las propiedades de una mente individual a las propiedades de un sistema cognitivo culturalmente estructurado, sino, más bien, que la supuesta pretensión de origen cartesiano de que la cognición tiene lugar en la cabeza está equivocada de inicio.

El tipo de racionalidad que es importante en la ciencia, por lo tanto, no es el tipo de racionalidad que le podemos atribuir a agentes individuales (haciendo abstrac-

ción de su medio ambiente cognitivo). Más bien, es el tipo de racionalidad que se corporeiza en las capacidades cognitivas de esos sistemas, socialmente estructuradas en prácticas y tradiciones de razonamiento. Es en este tipo de contexto cognitivo donde se formulan y se evalúan las razones que constituyen una perspectiva racional específica, el punto de vista que una persona tiene en el "espacio de las razones" precisamente porque tiene esa perspectiva racional específica.²⁸ Dado que una perspectiva racional, como los sistemas cognitivos a través de los cuales se articula, no es una estructura interiorizada en mentes individuales, sino un medio ambiente socialmente estructurado, es importante dar una idea del tipo de estructuración social a la que me refiero.²⁹

5. La cognición como una estructura heurística

Hemos visto que la cognición y el espacio de las razones deben entenderse socialmente estructurados en el sentido que esbozamos en la sección anterior. En esta sección explicaremos de manera muy resumida cómo esa estructura cognitiva se articula a nivel de los agentes individuales. Esto va a permitirnos, en la sección 6, explicar el sentido en el que la razón tiene una geografía, una geografía no meramente material, sino social.

²⁸ La idea de que la perspectiva racional se sitúa en un "espacio de razones" la tomo de Sellars y McDowell (véase, en particular, McDowell 1994). Sin embargo, McDowell no habla de un espacio de razones socialmente estructurado. Robert Brandom ha puesto énfasis en que la única manera de entender ese espacio, y poder sustentar la idea de que el conocimiento consiste en situarse en ese espacio, exige dirigir nuestra atención a la actitud práctica de aquel que evalúa a un candidato para situarlo en tal espacio. Brandom distingue dos maneras de situarse en ese espacio: en términos de compromisos con creencias y en términos de licencias (*entitlements*) para creer. Para Brandom, situarse en el espacio de las razones tiene esencialmente un "estatus social", porque incorpora la diferencia social de perspectiva que hay entre atribuir un compromiso (a otra persona) y tomar uno ese compromiso para sí, y depende de ella. El sentido en el que he formulado que el espacio de las razones está socialmente estructurado me parece una manera alternativa de llegar a la misma conclusión que Brandom 1995.

²⁹ Es decir, es importante para hacer ver el sentido en el cual "lo social" es epistémico. Como dice Knorr-Cetina de los estudios sobre las ciencias de laboratorio: "Sin embargo, los estudios de la vida de laboratorio no han especificado cómo los rasgos del mundo social y, más en general, de la vida cotidiana llegaron a ser aprovechados y convertidos en recursos epistémicos en la producción de conocimiento. Dicho de otra manera, lo social no está meramente 'también ahí' en la ciencia" (Knorr-Cetina, 1992).

Nuestro punto de partida es la psicología cognitiva, y en particular el tipo de psicología cognitiva experimental que ha sido desarrollada por Kahneman y Tversky y por otros grupos más recientemente.³⁰ Este tipo de estudios están dirigidos a formular cómo es que los procesos mentales, los juicios y la inferencias de los seres humanos están moldeados por limitaciones en nuestras capacidades cognitivas. Estas limitaciones se manifiestan en el uso de reglas heurísticas. Una regla heurística es un sistema de instrucciones que nos permite resolver un problema, no de manera exacta, o no en todos los casos, pero sí de un modo que no requiere una computación excesiva en comparación con los recursos cognitivos disponibles. Kahneman y Tversky mostraron que los razonamientos intuitivos de los seres humanos se guían por reglas heurísticas.

Un ejemplo que ellos hicieron famoso es el siguiente. Una persona describe a su amiga Linda, soltera de 31 años, inteligente y muy interesada en las ciencias sociales y la filosofía. Hizo su licenciatura en filosofía y durante sus años de estudiante fue una activa participante de movimientos estudiantiles en pro de la justicia social. A continuación se pide que se ordenen los siguientes enunciados por su mayor o menor probabilidad de ser verdaderos en el caso de Linda:

- 1) Linda es militante de un asociación feminista
- 2) Linda es una empleada bancaria
- 3) Linda es una empleada bancaria y es militante de una asociación feminista

Kahneman y Tversky mostraron que la gran mayoría de las personas a las que se les hace esta pregunta consideran que (3) es más probable que (2). Pero esto es un error lógico elemental, (3) no puede ser más probable que (2), porque (2) es verdadero cuando (3) lo es.

Consideremos otro ejemplo. En una ciudad pequeña hay dos hospitales, uno grande y otro pequeño. En el hospital grande nacen unos 45 niños cada día, y en el hospital pequeño aproximadamente 15 niños al día. Como es sabido, cerca del 50% de todos los niños que nacen son varones. Sin embargo, el porcentaje varía día a día. Algunas veces es mayor que 50% y a veces es menor. En un periodo de un año, cada hospital registró los días en los que más del 60% de los nacimientos fueron varones. A la pregunta "¿Qué hospital piensa usted que registró más de esos días?", ¿cuál de las siguientes respuestas cree usted que es más probable que se dé?

- 1) El hospital más grande
- 2) El hospital más pequeño
- 3) Más o menos lo mismo para los dos hospitales

La mayoría de las personas a las que se les hace esta pregunta responde que deberíamos esperar más o menos la misma variación en los dos hospitales; esto es, la respuesta más común es la (3). Sin embargo, es de esperarse (según la teoría muestral) que sea mayor la fluctuación en el hospital pequeño que en el grande. Hay ejemplos similares que muestran que muchos de nuestros razonamientos en los que interviene el azar no se adecuan a lo que deberíamos inferir del cálculo de probabilidades.

Los psicólogos han hecho ver que este tipo de defectos pueden explicarse de manera satisfactoria a partir del supuesto de que nuestro razonamiento no se guía por el cálculo matemático de probabilidades, sino por algunas reglas heurísticas intuitivas que, por lo menos en un número significativo de casos, lleva a conclusiones que divergen de las conclusiones a las que llegaríamos utilizando el cálculo de probabilidades. Una de estas reglas es la que Kahneman y Tversky llaman la *heurística de la representatividad*. Esta heurística, nos dicen ellos, se utilizan para evaluar probabilidades según el grado de similitud de un objeto (o suceso) A con un objeto (o suceso) B que tomamos como representativo. Tendemos a recurrir a la heurística de la representatividad cuando respondemos a preguntas como, ¿cuál es la probabilidad de que el objeto A pertenezca a la clase B? Por ejemplo, si se nos muestra una serie de fotografías y se nos pregunta cuál es la probabilidad de que esas fotografías correspondan a conductores de taxis o a maestros de filosofía, Kahneman y Tversky encontraron que en la gran mayoría de los casos se procede a asignar probabilidades a partir de la cercanía con ciertos estereotipos, y sin tomar en cuenta información pertinente a la que tenemos acceso. Por ejemplo, hay muchos más conductores de taxi que profesores de filosofía, pero muy pocos de nosotros pensaríamos en utilizar esta información a la hora de asignar probabilidades.

De este tipo de experimentos, Kahneman, Tversky y muchos otros psicólogos y filósofos han derivado la conclusión de que los seres humanos tienen una racionalidad defectuosa, o simplemente que son "irracionales".³¹ Mostrar por qué esta conclusión no se sigue no sólo me va a permitir evitar una posible objeción al tipo de pro-

³⁰ Varios de sus trabajos están recopilados en Kahneman, Slovic y Tversky 1982.

³¹ Una presentación de esta interpretación de los experimentos que raya en el sensacionalismo es el libro de Piatelli-Palmari 1996.

yecto que propongo, sino también ofrecer evidencia adicional indirecta a la tesis de que el espacio de las razones y, por lo tanto, la racionalidad, debe entenderse como un espacio socialmente estructurado en sistemas cognitivos de diferente grado de complejidad y jerarquización.

En primer lugar, para decir que las reglas heurísticas de razonamiento probabilista son “defectuosas”, tenemos que compararlas con una norma de razonamiento estadístico. Para Kahneman y Tversky esta norma es clara: se trata de la estadística bayesiana; pero este supuesto es cuestionable. Hay distintas teorías de la inferencia estadística que difieren en casos importantes, por lo que no es obvio que una teoría particular de la inferencia pueda considerarse la norma pertinente. Una de las razones implícitas para dar por sentado que la estadística *b* es la norma que se debe seguir es el supuesto de que lo que se está evaluando son probabilidades subjetivas, y que la teoría bayesiana es precisamente la teoría de la inferencia que aborda ese tipo de probabilidades. Sin embargo, éste es un supuesto muy cuestionable por varias razones.³²

No sólo se asume de entrada que la única manera posible de interpretar las probabilidades es la idea de que las probabilidades son grados subjetivos de creencia, también se supone que el origen de la normatividad de las reglas de inferencia estadística provienen de esa interpretación. Además, hay diversas críticas en la literatura al tipo de supuestos que requiere el bayesianismo, incluso aceptando que las probabilidades se interpreten como grados subjetivos de creencia. Por ejemplo, es cuestionable que podamos modelar el razonamiento humano basándolo en el supuesto de la disponibilidad de observaciones precisas, como lo exige el bayesianismo. La mayoría de nuestros juicios y decisiones no satisfacen ese requisito, y suponer que este requisito debe entenderse como una idealización normativa presupone que el espacio de las razones es interno a los sujetos, algo que, según hemos argüido, es problemático.

Aquí voy a centrarme en un tipo de crítica particularmente iluminador de la dificultad que plantea suponer que hay un sentido fijo y general en el que podemos tomar el cálculo de probabilidades como norma de razonamiento. Quiero mostrar que el concepto de norma de razonamiento no puede entenderse sin incorporar consideraciones de valores —todos esos valores implícitos en la estructura social de la cognición— y, por lo tanto

(aunque esto requeriría más argumentación), que no es posible explicar el origen de la normatividad epistémica derivándola de una estructura formal.

Por medio de una serie de experimentos, Gigerenzer ha puesto de manifiesto que las distorsiones que encuentran Kahneman y Tversky en el razonamiento intuitivo pueden eliminarse si en los diferentes experimentos se utilizan conceptos de probabilidad distintos.³³ Si en los ejemplos anteriores (el de Linda y el de los dos hospitales) el problema y las probabilidades que se pierden se formulan en términos de frecuencias, y no de grado subjetivos de creencia, entonces las inferencias tienden a hacerse de manera tal que se conforman con el cálculo de probabilidades. En general, parece ser que los juicios intuitivos de probabilidad son bastante sensibles a la manera como se presenta la información. Si la información se presenta de cierta forma, utilizaremos cierto tipo de reglas y correremos el peligro de cometer cierto tipo de distorsiones; si se presenta de otra manera, correremos el riesgo de cometer otro tipo de distorsiones. Las reglas heurísticas utilizadas dependen de cómo se nos presenta la información, y, por lo tanto, es un error aislar las reglas heurísticas del contexto en el cual se nos presenta la información como sugieren Kahneman y Tversky. Pero, entonces, el concepto de norma de razonamiento no puede entenderse como si fuera independiente de la manera como se presenta la información, sino que debe entenderse como parte del contexto en el cual se evalúa la racionalidad de una creencia o de una decisión. Así, este contexto no es otro que el espacio de las razones, y situarnos en ese contexto involucra valores. Nos situamos, pues, con la perspectiva de una persona.

Kahneman y Tversky pretenden poder estudiar la cognición como si su estructura fuera detectable a nivel de los seres humanos individuales, y por las razones que hemos dado anteriormente esto no parece posible. Los experimentos de Gigerenzer confirman esto. Se requiere tomar en cuenta la estructura social de la cognición para poder reconocer la estructura heurística de los diferentes procesos de razonamiento, pero no tenemos que aceptar que esa estructura heurística nos hace irracionales. Más bien, dicha estructura apunta a la manera en que somos racionales.

Para elaborar esta idea ahondemos un poco más en la crítica del proyecto de Kahneman y Tversky. Ellos

³² En el capítulo 6 de Giere 1988, y en el capítulo 7 Kitcher 1993, se presentan críticas al modelo bayesiano de inferencia.

³³ Véase, por ejemplo, Gigerenzer 1991. La literatura sobre este tema es amplia. El libro de Cohen, *The Dialogue of Reason* (1986), es uno de los primeros trabajos en los que se reconoce la importancia de los resultados de los experimentos de Kahneman y Tversky para cuestiones epistemológicas. Un libro más reciente sobre el tema es *Without Good Reason* de Edward Stein (1996).

entienden la estructura heurística del razonamiento de una manera muy simplista, como el resultado de seguir unas cuantas reglas claramente distinguibles. Una regla heurística, tal y como la concibe Kahneman y Tversky, es aislable del contexto no sólo en el sentido anteriormente mencionado, sino también en el sentido de que es posible formular la regla sin hacer referencia al tipo de circunstancias que constituyen su dominio de aplicación. Por ello, estos autores caracterizan las circunstancias en las que la regla se desvía de lo que se puede esperar según las normas de razonamiento (derivables del cálculo de probabilidades en el contexto de una teoría de la inferencia bayesiana). Estos supuestos son muy cuestionables.

La manera en que se presenta la información forma parte del contexto en el que tiene que decidirse sobre la aplicación de la regla, por ello ya no sólo es difícil formular el sentido en el que el cálculo de probabilidades puede generar, incluso en principio, o idealmente, estándares de razonamiento, sino que tampoco es posible hablar de la estructura heurística del razonamiento de una manera tan simplista como lo hacen Kahneman y Tversky. El dominio de aplicación de una regla no es aislable de consideraciones en torno a cómo se nos presenta la información, y, por lo tanto, la estructura heurística del razonamiento no se puede capturar en términos de unas cuantas reglas haciendo abstracción de sus contextos de aplicación.

Además, en la medida en que la regla heurística no puede separarse de consideraciones contextuales (en el sentido anterior), tampoco es posible caracterizar el dominio de aplicación de la regla a través de un estudio de las circunstancias en las cuales el resultado de su aplicación se desvía de la norma. En este caso, queda claro algo que creo muy importante reconocer en general: el concepto mismo de norma es contextual, por lo menos en el sentido de que la validez de una norma dependerá de cómo se presenta la información. Esta idea la fundamentaremos y la generalizaremos más adelante.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, y otra más en las que no podemos detenernos ahora, es importante introducir los conceptos de procedimiento heurístico y estructura heurística. El concepto usual de regla heurística que se maneja en la psicología cognitiva y otras áreas de la ciencia supone un conjunto de instrucciones que nos permiten transformar cierta información en la solución de un problema —solución que en cierto tipo de casos será correcta o aproximadamente correcta, y en otros no—. Vimos que en realidad, por lo menos en el caso de las reglas heurísticas de razonamiento es importante tomar en cuenta cómo se plantea un problema en una situación específica, lo que sugiere que,

para entender la estructura heurística del razonamiento, debemos generalizar el concepto de regla a lo que llamo procedimiento heurístico.

Un procedimiento heurístico es un proceso de transformación de un sistema material que tiene como consecuencia la implementación de una regla heurística. Es posible mostrar que todo proceso adaptativo es un procedimiento heurístico en este sentido, y que, en particular, toda adaptación biológica puede entenderse como el resultado de la aplicación de procedimientos heurísticos que han sido seleccionados por su capacidad para resolver problemas adaptativos (en medios ambientes específicos). Esta idea está implícita en los trabajos de Donald Campbell y también explícita en varios autores recientes.³⁴

Llamo estructura heurística a una colección de procedimientos heurísticos jerárquicamente organizados en torno a la tarea de resolver cierto tipo de problema, o de construir o diseñar cierto tipo de objeto, y que tienen una base material común. Un ejemplo de una estructura heurística es una técnica experimental; la base material de la técnica es un aparato o una serie de aparatos. Una estructura heurística puede verse como si desplegara las po-

³⁴ Véase, por ejemplo, "Evolutionary Epistemology" de Donald T. Campbell (1974). La importancia del concepto de heurística en la metodología científica ha sido recalado por William Wimsatt en varios trabajos; véase, por ejemplo, Wimsatt 1986. Este autor formula explícitamente la idea de que tanto las adaptaciones biológicas, como las adaptaciones sociales y psicológicas de las que habla Campbell son caracterizables como heurísticas. He desarrollado este punto de vista en varios trabajos, sobre todo elaborando la idea de que es posible hablar de una teoría de la evolución de técnicas y fenómenos (entendidas como estructuras heurísticas). Véanse, sobre todo, los trabajos publicados en *Crítica*. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*: Martínez 1995b. En la literatura de la segunda mitad del siglo xx encontramos varios enfoques que explotan la idea de heurística en diferentes sentidos importantes para la filosofía de la ciencia. Los trabajos de Polya y Lakatos al respecto son clásicos. Simon ha desarrollado el tema de las heurísticas en varias direcciones a partir de una serie de trabajos clásicos publicados a mediados del siglo xx. La idea en estos primeros trabajos de que la racionalidad está "segmentada" ha sido explotada por Cherniak, por Wimsatt y por mí. Por otra parte, la noción de ejemplar propuesta por Kuhn, la tesis de John Wisdom, Toulmin y otros acerca de la precedencia epistemológica de los casos particulares en el razonamiento, el concepto de conocimiento tácito (y lo que llamo racionalidad implícita) de Polanyi, el tema de las "barreras" y los "paradigmas" de Margolis, son intentos por explotar esta misma veta no "deductivista" de la estructura de la estructura del razonamiento en la filosofía de la ciencia.

tencialidades de una caja de herramientas. La selección de herramientas que contiene la caja de un plomero está en función del tipo de problemas que él espera encontrar en su trabajo. Las herramientas de un electricista serán diferentes de las del plomero, porque están diseñadas para otro tipo de problemas los que es otro. Una neurona y el cerebro de cualquier animal pueden entenderse como la base material de una estructura heurística. Nótese que no hay manera de hacer una distinción tajante entre una estructura heurística y otra a partir de su base material, o a partir de la colección de procedimientos que constituyen la estructura heurística. Los procedimientos heurísticos, como las adaptaciones biológicas, a diferencia de las reglas heurísticas en el que las utilizan Kahneman y Tversky, no son individualizables con independencia del problema en cuya solución van a intervenir.

Algo que vale la pena recalcar es que una estructura heurística no es un conjunto de procedimientos que se puedan caracterizar extensionalmente. Una estructura heurística es diferente de otra en la medida en que están diseñadas para servir de patrón a diferentes tipos de interacciones entre sistemas materiales. Los procedimientos de una estructura dependen para su individualización del tipo de problemas a los que se aplican y de las otras estructuras heurísticas que se consideren pertinentes en la caracterización de un proceso. La individualización de una estructura heurística sólo puede llevarse a cabo como parte de una reconstrucción de la historia de un problema (o familia de problemas) y de las controversias en las que este problema ha desempeñado un papel importante.³⁵ Muchas veces estas estructuras heurísticas no pueden identificarse en el contexto de controversias acerca de cuál teoría es mejor. Las técnicas para la reconstrucción de relaciones filogenéticas en la segunda mitad del siglo XIX son un buen ejemplo de cómo las diferentes estructuras heurísticas desarrolladas en las diferentes disciplinas involucradas en la reconstrucción de la historia de la vida tienen orígenes muy diversos y su individuación sólo puede hacerse en el contexto de un problema.

Mientras que una regla heurística se suele entender como una regla para el procesamiento de información, un procedimiento heurístico, y una estructura heurística en general, deben verse como un patrón de interacción entre estructuras materiales (entre las herramientas en la caja de un plomero y los sistemas de plomería, por ejemplo). En otros trabajos (véase la nota 34) he mostrado que las tradiciones experimentales en la ciencia pueden caracterizarse como sistemas cognitivos que explotan una determinada estructura heurística (que, por supues-

to, está conformada por varias subestructuras heurísticas), la cual va cambiando en el tiempo en un proceso que puede modelarse como un proceso evolucionista. El ejemplo de sistema cognitivo que desarrolla Hutchins (1995), centrado en el problema de conducir un barco a su destino, puede verse también como un ejemplo de una estructura heurística. Los diferentes sistemas de clasificación de entes en el mundo, y en particular de plantas y animales, desarrollados sistemáticamente a través de toda la historia de la ciencia, son también ejemplos de estructuras heurísticas. El concepto de estructura heurística nos permite entender la relación entre inferencia y clasificación que está en la base de muchas ontologías utilizadas en diversas prácticas científicas, sin tener que pensar que esa ontología debe ser explicada por una teoría general.³⁶ Muchas taxonomías biológicas, por ejemplo, pretenden construirse con independencia de la teoría de la evolución por selección natural de Darwin, por lo menos en el sentido de que se considera que los criterios de individuación de los entes básicos (los taxones) se pueden formular independientemente del mecanismo de la selección natural.

Es posible entender estas estructuras heurísticas como la manera en que se estructuran los juicios en un área determinada del conocimiento. Más en general, las estructuras heurísticas pueden verse como la manera en que se implementan las capacidades de un sistema cognitivo. En este sentido, la implementación material de esas capacidades, la tecnología, no puede concebirse desligada o aislada de una caracterización filosóficamente pertinente de esos sistemas cognitivos, o del sentido en el que esos sistemas estructuran conceptos y generan conocimiento.

Ahora bien, esta implementación material de las capacidades cognitivas a las que he llamado "estructuras heurísticas" tiene lugar a través de su articulación social en prácticas cognitivas (o, más en general, en prácticas con una dimensión cognitiva). Las estructuras heurísticas están conformadas, desde esta perspectiva socioepistémica, por estándares implícitos en la interacción social (que incluyen una interacción con el mundo). Es a la compleja estructura jerarquizada de estos estándares a la que me refiero cuando hablo de geografía de la razón.

6. Conclusión: la geografía racional de la ciencia

La epistemología tradicional pone énfasis en un concepto de racionalidad constituido por reglas que permiten la especificación de las condiciones de justificación de

³⁵ Véase, en particular, discusión de este tema en Martínez y Suárez 1996.

³⁶ Sobre este tema, véase Panchen 1992. Véanse también Atran 1986 y Hutchins 1980.

enunciados particulares. Como lo han recalcado Cherniak, Stich y Kitcher, esta manera de ver la epistemología corre el riesgo de no ser una epistemología para seres humanos (y una epistemología para dioses no es una epistemología). Los filósofos de la ciencia tienden a poner el acento en un concepto de racionalidad medio-fin apropiado para decidir acerca de las estrategias o prácticas cognitivas que son más adecuadas para lograr fines epistémicos específicos. En este trabajo he puesto el énfasis en el papel que los estándares de dependencia epistémica desempeñan en la identificación de un concepto de racionalidad científica que, con más propiedad que los anteriores, apunta al sentido en el que lo epistémico es el núcleo de una teoría de la ciencia “con un ojo en el todo”.

La idea de una racionalidad medio-fin como característica de la ciencia no es nueva. James, Neurath y Polanyi, entre otros, propusieron versiones de esta idea en la primera mitad del siglo xx. Newton-Smih, Laudan y Kitcher han propuesto versiones muy diferentes de este tipo de racionalidad como distintiva de la ciencia en la segunda mitad del siglo xx. Mi tesis es que una teoría de la racionalidad tiene que adoptar un punto de vista más amplio para poder aprehender el concepto de racionalidad implícito en la ciencia y con respecto al cual podemos decir que la ciencia es una actividad paradigmáticamente racional. EL objetivo central de mi trabajo es esbozar este concepto de racionalidad.

Muchos de los problemas en las diferentes tradiciones científicas se plantean y se resuelven desarrollando complejas estructuras de razonamiento que se corporeizan en lo que he llamado “estructuras heurísticas”. Estas estructuras heurísticas están distribuidas típicamente en diferentes individuos y tienen una larga historia y una geografía. La gran mayoría de las veces, y sobre todo en la ciencia del siglo xx, ningún individuo que haya contribuido al buen funcionamiento de una estructura heurística domina cada una de las técnicas que es necesario desplegar para llevar a cabo tarea incluso relativamente sencillas.³⁷ Un científico puede ser un experto en la calibración de un determinado instrumento, otro en el tipo

de mediciones que ese instrumento puede darnos, y otro más en el tipo de análisis requerido para interpretar esas mediciones. Ver cada una de esas actividades por separado, como si cada una generara un tipo de conocimiento diferente o desplegara un tipo de habilidad cognitiva diferente, nos aleja de lo que me parece más importante y distintivo del conocimiento científico, en contraste con otros tipos de conocimiento: que todas esas habilidades y técnicas que contribuyen a la generación de conocimiento en las diferentes tradiciones científicas deben considerarse interdependientes desde una perspectiva filosófica.

Esta dependencia epistémica de un científico respecto de otro, que es en realidad una dependencia de una persona con respecto a los estándares de una práctica que no domina, es un proceder racional.³⁸ Es más, el reconocimiento de que este tipo de dependencia es racional debe ser un paradigma de racionalidad en cualquier ámbito de la experiencia. Esto nos lleva a reconocer aspectos de la racionalidad que se alejan significativamente de las formas usuales de enfocar el problema.

Puesto que de manera sistemática y crucial tenemos que confiar en las habilidades y los juicios de otras personas para llevar a cabo una tarea, o para considerar racionalmente fundamentada una creencia, los estándares y valores que permiten esa colaboración deben reconocerse como una parte ineliminable e irreductible de la naturaleza del conocimiento. Ahora bien, estos estándares y valores no se pueden entender con independencia de las estructuras heurísticas que se sustentan en diferentes prácticas científicas. Esos estándares y valores están implícitos en la estructura de prácticas del conocimiento científico, y la historia y la sociología de la ciencia son pertinentes para explicarnos su estructura.

En la medida en que el avance del conocimiento científico requiere la existencia de estándares de dependencia epistémica que sancionan como racionales ciertas decisiones y creencias sobre la base de las creencias o habilidades de otros, el proceso de aceptación y modificación de estándares de dependencia epistémica es un tema central en la filosofía de la ciencia. No basta reconocer que

³⁷ Por supuesto, una persona puede dominar muchas técnicas, o el puede ser capaz de calibrar muchos instrumentos. Además, la aseveración de que alguien domina una técnica siempre se hace relativa a estándares implícitos en las prácticas, y, por lo tanto, lo que es dominio de una técnica para una comunidad no tiene por qué serlo para otra. Por otra parte, la estructura de las técnicas y los estándares en diferentes disciplinas puede ser muy distinto en un tiempo dado, o en la misma primera parte de Pickering 1992 presenta trabajos que ejemplifican cada una de estas posibilidades.

³⁸ Una tesis relacionada ha sido defendida recientemente por John Hardwing y algunos otros autores. Según Hardwing, la autoridad intelectual debe encontrar un lugar en una teoría del conocimiento; su idea básica es que es posible tomar en cuenta esta autoridad defendiendo la tesis según la cual se pueden tener buenas razones para creer en una proposición si se tienen buenas razones para creer que otros tienen buenas razones para creerla (véase, por ejemplo, Hardwing 1985). Sin embargo, mi manera de plantear y resolver el problema de fondo es diferente.

alguien es un experto en una teoría o en la calibración de un instrumento, por ejemplo; también resulta muy importante ser capaces de decidir cuando alguien es el experto apropiado con respecto a nuestros fines y hasta qué punto estamos dispuestos a creerle. La revista *Scientific American* es muy confiable para ciertas cosas, pero no para otras. El hecho de que esta publicación tenga ciertos estándares permite a los lectores, sin excesivo esfuerzo, situarla en el espacio de las razones. Algo similar sucede con cualquier revista académica y, en general, con cualquier "experto". Pero nuestra actitud hacia un experto particular no es algo que se reduzca a aceptar o rechazar una autoridad; lo importante es situarlo en nuestros mapas de razones. Esto es, no se trata de suspender nuestra actitud crítica en algunos casos sino de saberla dirigir en la dirección más apropiada en relación con fines y valores situados en las comunidades en las que se desarrollan nuestras vidas.

La idea mítica de que la ciencia es el ámbito de la razón y del rechazo de la autoridad subyace detrás de muchas filosofías y muchas políticas educativas que me parecen profundamente equivocadas. La educación científica es un tipo de educación en la que se promueve la aceptación de estándares epistémicos y no epistémicos (y estándares de dependencia epistémica en particular) como resultado de una deliberación racional. Pero esta deliberación racional tiene una historia; y es sólo un acto de prestidigitación intelectual lo que hace que algunos profesores y estudiantes piensen que pueden recrear toda esa historia sin recurrir a la autoridad en el proceso de aprendizaje.

La racionalidad de la ciencia no tiene límites claramente establecidos por comunidades cerradas, sino que está obligada a rendir cuentas a cualquier desafío epistémico, de modo que un científico no puede ser un ignorante de toda esa compleja estructura de estándares que es la sociedad en la que vive. Esto es especialmente importante porque la autoridad epistémica muchas veces proviene o deviene en poder político.³⁹

Contrario a la idea tradicional proveniente de la tradición ilustrada de que la ciencia es el paradigma de una actividad en la que "se piensa por uno mismo", creo que para entender la estructura epistémica de la ciencia, y su importancia filosófica privilegiada, pesa más tomar conciencia de que la educación científica es un esfuerzo por educarnos en una cultura en la cual la capacidad para situarnos en el espacio de las razones por medio de nuestra confianza en los otros se lleva a su máxima expresión. La ciencia es entonces un paradigma de racionalidad; sin

embargo, que sea un paradigma de racionalidad en este sentido no implica que haya algo así como "estándares científicos" que puedan ser transplantados como ideales normativos a otras disciplinas. Los estándares adquieren su fuerza normativa en un contexto de interacción de prácticas científicas concretas, y, por lo tanto, su genealogía (o su "lugar" en una genealogía) particular es un aspecto importante de la explicación del origen de su fuerza normativa.

El reconocimiento de estas normas de dependencia epistémica como parte integral de un sistema cognitivo choca con la concepción tradicional del conocimiento como una suma de meras creencias justificadas y verdaderas; pero sobre todo entra en conflicto con la idea derivada muchas veces de esta concepción del conocimiento de que la justificación de la creencia de un sujeto consiste (o surge) en una relación entre los estados mentales del sujeto, o bien en una relación nomológica entre el sujeto y su medio ambiente "natural" (no social). Esta oposición tradicional entre "lo natural" y "lo social" es lo que, a mi juicio, está también detrás de los intentos de reducir la racionalidad en la ciencia a una racionalidad medio-fin. Esta oposición no deja lugar para el reconocimiento de la estructura social de la cognición y, por lo tanto, para la caracterización de la racionalidad que hemos esbozado. Cuando una racionalidad medio-fin deja fuera de consideración este tipo de estructura, también está dejando fuera la posibilidad de entender la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia como una relación racional, y abre la puerta al conflicto entre el enfoque sociológico y el filosófico que ha caracterizado a la filosofía de la ciencia en las últimas décadas.

James, Neurath, Polanyi, Toulmin y Kuhn, entre otros, han reconocido en el último siglo la pertinencia de entender la ciencia como una actividad racional en el sentido práctico y no teórico. Como decía Neurath, el "error" de Descartes (que llega hasta nuestros días) fue pensar que teníamos diferentes recursos cognitivos para tratar la esfera de la teoría y la esfera de lo práctico; pero es importante ir más allá del reconocimiento de este error. La reconstrucción de procesos de cambio científico requiere tomar muy en serio la estructura de las normas de dependencia epistémica que se muestra a través de las diferentes prácticas, las cuales son, a su vez, características de una época y están racionalmente relacionadas con los estándares del pasado.

Laudan critica a los "historicistas", y a Lakatos y a Kuhn en particular, porque confunden el problema de llevar a cabo una reconstrucción racional de la historia de la ciencia con el problema epistemológico de hacer explícitos los criterios metodológicos que guían la elección de teorías. En otras palabras, Laudan conside-

³⁹ Véanse Rouse 1987 y Bordieu 1991.

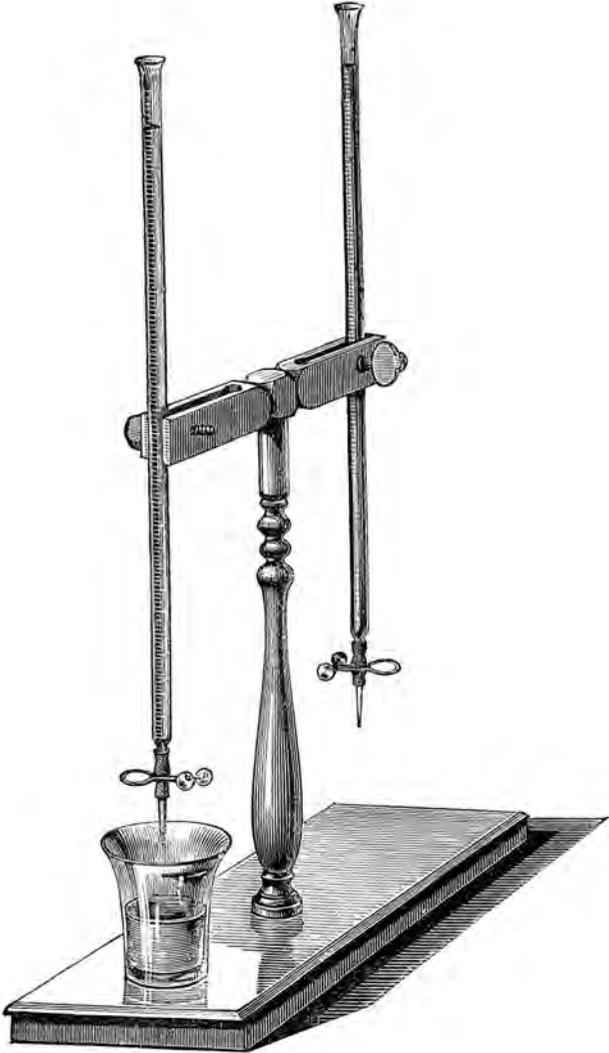
ra que Lakatos y Kuhn, y los “historicistas” en general, confunden una teoría de la racionalidad con una teoría de la metodología. Si bien creo que Lakatos y (en cierta medida) Kuhn se apresuraron a sacar conclusiones sobre cuestiones metodológicas tras descubrir que las teorías de grandes científicos como Newton y Galileo no se apegaban a cánones establecidos, ellos parten de un supuesto que comparto: la reconstrucción de la historia de la historia de la ciencia es la reconstrucción de una empresa racional. Si un concepto de racionalidad nos lleva a tener que reconocer que la historia de la ciencia no está en una relación racional con la filosofía de la ciencia y, por lo tanto, con una explicación de la fuerza normativa de los estándares epistémicos de la ciencia, lo que debemos hacer es reconocer las limitaciones de ese concepto de racionalidad. Por el contrario, Laudan, al igual que Giere y la gran mayoría de filósofos de la ciencia y epistemólogos del siglo xx, pretende poder retener un concepto ahistórico de racionalidad instrumental como distintivo de la ciencia y, a través de ese concepto, explicar el sentido en el que la filosofía de la ciencia desempeña un papel normativo y preeminente en los estudios sobre la ciencia.

Lo que he argüido en este trabajo es que si estamos dispuestos a abandonar la idea de que la filosofía de la ciencia debe orientarse a plantear los problemas desde la perspectiva del problema de la elección entre teorías, entonces es posible pensar la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia como una relación racional y, por lo tanto, entender la historia como fuente de la normatividad propiamente epistémica de la ciencia. Por supuesto, es necesario elaborar con mucho más detalle, y en varias direcciones, la respuesta que he sugerido en este trabajo a la cuestión del origen de la normatividad epistémica en la ciencia, pero espero haber mostrado que una respuesta a este problema no puede dejar de tomar en cuenta la geografía de la razón, esto es, la estructura y la dinámica de las normas de dependencia epistémica corporeizadas en prácticas científicas.

REFERENCIAS

- Atran, S., 1986, *Fondements de l'histoire naturelle*, Éditions Complexe, Bruselas.
- Baigrie, B., 1995, “Scientific Practice: The View from the Tabletop”, en Buchwald 1995, pp. 87-122.
- Biagioli, M., 1993, *Galileo Courtier: The Practice of Science in the Culture of Absolutism*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Bijker, W.E., T.P. Hughes y T.J. Pinch (comps.), 1987, *The Social Construction of Technological Systems*, The MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bordieu, P., 1991, “The Peculiar History of Scientific Reason”, *Sociological Forum*, vol. 6, no. 1, pp. 3-26.
- Bowler, P., 1996, *Life's Splendid Drama*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Brandom, R., 1995, “Knowledge and the Social Articulation of the Space of Reasons”, *Philosophical and Phenomenological Research*, vol. 55, no. 4, pp. 895-908.
- Buchwald, J. (comp.), 1995, *Scientific Practice: Theories and Stories of Doing Physics*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Campbell, D.T., 1974, “Evolutionary Epistemology”, en P. Schilpp (comp.), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle, III., pp. 413-463. [Versión en castellano: “Epistemología evolucionista”, en Sergio Martínez y León Olivé (comps.), *Epistemología evolucionista*, Paidós/Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, México, 1997, pp. 43-103.]
- Cartwright, N., 1995, “Quantum Technology: Where to Look for the Quantum Measurement Problem”, en *Fellows 1995*, pp. 73-83.
- ———, 1984, *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press, Oxford.
- Cherniak, C., 1988, *Minimal Rationality*, The MIT Press, Cambridge, Mass.
- Cohen, J., 1986, *The Dialogue of Reason*, Clarendon, Oxford.
- Collins H., 1992, *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, 2a. ed., The University of Chicago Press, Chicago.
- Darwin, C., 1956 (1859), *The Origin of Species*, P.F. Collier, Nueva York.
- Dear, P., 1995, *Discipline and Experience, the Mathematical Way in the Scientific Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Echeverría, J., 1995, *Philosophy and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Fellows, R. (comp.) 1995, *Filosofía de la ciencia*, Akal, Madrid.
- Feyerabend, P., 1978, *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, Verso, Londres. [Versión en castellano: *Tratado contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, trad. Diego Ribes, Rei, México, 1993.]
- Fiske, D.W. y R. Schweder (comps.), 1986, *Metatheory in Social Science: Pluralism and Subjectivities*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Giere, R., 1988, *Explaining Science: A Cognitive Approach*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Gigerenzer, G., 1991, “How to Make Cognitive Illusions Disappear”, *European Review of Social Psychology*, vol. 2, pp. 83-115.
- Hacking, I., 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge. [Versión en castellano: *Representar e intervenir*, trad. Sergio Martínez, Paidós/Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, México, 1996.]
- Hanson, N.R., 1958, *Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hardwig, J., 1985 “Epistemic Dependence”, *The Journal of Philosophy*, vol. 82, no. 7, pp. 335-349.
- Hutchins, E., 1995, *Cognition in the Wild*, The MIT Press, Cambridge, Mass.
- ———. 1980, *Culture and Inference*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

- Kahneman, D., P. Slovic y A. Tversky, 1982, *Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kitcher, P., 1993, *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusion*, Oxford University Press, Nueva York. [Versión en castellano: *El avance de la ciencia. Objetividad sin ilusiones*, trad. Héctor Islas y Laura E. Manríquez, rev. de la trad. Carlos López Beltrán, Instituto de investigaciones Filosóficas-UNAM, México, 2001.]
- Knorr-Cetina, K., 1992, "The Couch, the Cathedral, and the Laboratory: On the Relationship between Experiment and Laboratory in Science", en Pickering 1992, pp. 113-138.
- Kuhn, T., 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2a. ed., The University of Chicago Press, Chicago. [Versión en castellano: *La estructura de las revoluciones científicas*, trad. Agustín Contín, Fondo de Cultura Económica, México, 1971.]
- Laudan, L., 1996, *Beyond Positivism and Relativism*, West View Press, Boulder.
- _____, 1987, "Progress of Rationality? The Prospects for Normative Naturalism", *American Philosophical Quarterly*, vol. 24, no. 1, pp. 19-31.
- _____, 1977, *Progress and Its Problems*, University of California Press, Berkeley.
- Martínez, S., 1998, "Sobre los conceptos de progreso y evolución en el siglo XIX", en S. Martínez y A. Barahona, *Historia y explicación en Biología*, UNAM/Fondo de Cultura Económica, México, pp. 155-167.
- _____, 1996a, "Las virtudes epistémicas de un conocimiento probable", trabajo presentado en el Simposio Anual del Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, México.
- _____, 1996b, "The Growth of Knowledge through the Evolution of Techniques", inédito.
- _____, 1995a, "La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 27, no. 80, pp. 3-48.
- _____, 1995b, "Una respuesta al desafío de Campbell: la evolución de técnicas y fenómenos en las tradiciones experimentales", *Diánoia. Anuario de Filosofía*, año 41, no. 41, pp. 9-31.
- _____, 1993a, "Realismo interno versus realismo contextual", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, vol. 20, no. 1, pp. 53-62.
- _____, 1993b, "Método, evolución y progreso en la ciencia" (1a. parte), *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 25, no. 73, pp. 37-69.
- _____, 1993c, "Método, evolución y progreso en la ciencia" (2a. parte), *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 25, no. 74, pp. 3-21.
- _____, 1991, "Luder's Rule as Description of Individual State Transformations", *Philosophy of Science*, vol. 58, no. 3, pp. 359-376.
- Martínez, S. y E. Suárez, 1996, "La evolución de técnicas y fenómenos: hacia una explicación de la 'confección' del mundo", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 28, no. 82, pp. 25-66.
- Mc Dowell, J., 1994, *Mind and World*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Nickles, T., 1985, "Beyond Divorce: Current Status of the Discovery Debate", *Journal of Philosophy of Science*, vol. 52, pp. 177-206.
- Panchen, A., 1992, *Classification, Evolution and the Nature of Biology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Piatelli-Palmarini, M., 1996, *Los túneles de la mente. ¿Qué se esconde detrás de nuestros errores?*, Crítica Barcelona (publicado originalmente en italiano en 1993 por Mondadori).
- Pickering, A., 1995, *The Mangle of Practice and Culture*, The University of Chicago Press, Chicago.
- _____, (comp.), 1992, *Science as Practice and Culture*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Polanyi, M., 1946, *Science, Faith and Society*, Oxford University Press, Oxford (reimpreso en 1964 por The University of Chicago Press).
- Rescher, N., 1977, *Methodological Pragmatism*, Basil Blackwell, Oxford.
- Richards, R., 1992, *The Meaning of Evolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Rouse, J., 1996, *Engaging Science*, Cornell University Press, Ithaca.
- _____, 1987, *Knowledge and Power*, Cornell University Press, Ithaca.
- Schaffer, S., 1991, "The Eighteenth Brumaire of Bruno Latour", *Studies in the History and Philosophy of Science*, vol. 22, pp. 174-192.
- Sellars, W., 1962, "Philosophy and the Scientific Image of Man", originalmente publicado en R. Colodny (comp.), *Frontiers of Science and Philosophy*, Pittsburgh University Press, Pittsburgh.
- Shapere, D., 1984, *Reason and the Search for Knowledge*, Reidel, Dordrecht.
- Shapin, S., 1982, "History of Science and Its Sociological Reconstructions", *History of Science*, vol. 20, pp. 157-211.
- Shapin, S. y S. Shaffer, 1985, *Leviathan and the Air Pump*, Princeton University Press, Princeton.
- Simon, H., 1955, "A Behavioral Model of Rational Choice", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, pp. 99-118. (Reimpreso en *Models of Thought. Collected Papers*, Yale University Press, New Haven, 1977, pp. 7-19.)
- Stein, E., 1996, *Without Good Reason*, Clarendon, Oxford.
- Stich, S., 1990, *The Fragmentation of Reason*, The MIT Press, Cambridge, Mass.
- Toulmin, S., 1961, *Foresight and Understanding*, Indiana University Press, Bloomington.
- Wallace, Alfred Russel, 1876, *Geographical Distribution of Animals*, Macmillan, Londres.
- Wimsatt, W., 1986, "Heuristics and the Study of Human Behavior", en Fiske y Schweder 1986, pp. 293-314.



La noción de obstáculo epistemológico¹

Cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega muy pronto a la convicción de que hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos. No se trata de considerar los obstáculos externos, como la complejidad o la fugacidad de los fenómenos, ni de incriminar a la debilidad de los sentidos o del espíritu humano: es en el acto mismo de conocer íntimamente donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos. El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena. Las revelaciones de lo real son siempre recurrentes. Lo real no es jamás "lo que podría creerse", sino siempre lo que debiera haberse pensado. El pensamiento empírico es claro, inmediato, cuando ha sido bien montado el aparejo de las razones. Al volver sobre un pasado de errores, se encuentra la verdad en un verdadero estado de arrepentimiento intelectual. En efecto, se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización.

La idea de partir de cero para fundar y acrecentar los bienes no puede surgir sino en culturas de simple yuxtaposición, en las que todo hecho conocido es inmediatamente una riqueza. Mas, frente al misterio de lo real, el alma no puede, por decreto, tornarse ingenua. Es entonces imposible hacer, de golpe, tabla rasa de los conocimientos usuales. Frente a lo real, lo que cree saberse claramente ofusca lo que debiera saberse. Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Hasta es muy viejo, pues tiene la edad

de sus prejuicios. Tener acceso a la ciencia es rejuvenecer espiritualmente, es aceptar una mutación brusca que ha de contradecir a un pasado.

La ciencia, tanto en su principio como en su necesidad de coronamiento, se opone en absoluto a la opinión. Si en alguna cuestión particular debe legitimar la opinión, lo hace por razones distintas de las que fundamentan la opinión; de manera que la opinión, de derecho, jamás tiene razón. La opinión piensa mal; no piensa; traduce necesidades en conocimientos. Al designar a los objetos por su utilidad, ella se prohíbe el conocerlos. Nada puede fundarse sobre la opinión; ante todo es necesario destruirla. Ella es el primer obstáculo a superar. No es suficiente, por ejemplo, rectificarla en casos particulares, manteniendo, como una especie de moral provisoria, un conocimiento vulgar provisoria. El espíritu científico nos impide tener opinión sobre cuestiones que no comprendemos, sobre cuestiones que no sabemos formular claramente. Ante todo, es necesario saber plantear los problemas. Y dígase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.

Un conocimiento adquirido por esfuerzo científico puede declinar. La pregunta abstracta y franca se desgasta; la respuesta concreta queda. Con eso, la actividad espiritual se invierte y se endurece. Un obstáculo epistemológico se incrusta en el conocimiento no formulado. Costumbres intelectuales que fueron útiles y sanas pueden, a la larga, trabar la investigación. "Nuestro espíritu —dice justamente Bergson—² tiene una tendencia irresistible a considerar más claras las ideas que le son útiles más frecuentemente."

¹ Bachelard, G. (1979), *La formación del espíritu científico*, capítulo 1, editorial Siglo XXI, pp. 15-26.

² Bergson, (1934) *La Pensée et le Mouvant*, París, pp. 231.

La idea conquista así una claridad intrínseca abusiva. Con el uso, las ideas se valorizan indebidamente. Un valor en sí se opone a la circulación de los valores. Es un factor de inercia para el espíritu. A veces una idea dominante polariza el espíritu en su totalidad. Hace unos veinte años, un epistemólogo irreverente decía que los grandes hombres son útiles a la ciencia en la primera mitad de su vida, nocivos en la segunda mitad. El instinto formativo es tan persistente en ciertos hombres de pensamiento que no debemos alarmarnos por esta "ocurrencia". Pero al final, el instinto formativo acaba por ceder frente al instinto conservativo. Llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma su saber, a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene.

Como se ve, no titubeamos en invocar los instintos para señalar la cabal resistencia de ciertos obstáculos epistemológicos. Es una concepción que nuestros desarrollos tratarán de justificar. Pero, desde ya, hay que darse cuenta de que el conocimiento empírico compromete al hombre sensible a través de todos los caracteres de su sensibilidad. Cuando el conocimiento empírico se racionaliza, nunca se está seguro de que los valores sensibles primitivos no afecten a los raciocinios. De una manera muy visible, puede reconocerse que la idea científica demasiado familiar se carga con un concreto psicológico demasiado pesado, que ella amasa un número excesivo de analogías, imágenes, metáforas, y que poco a poco pierde su vector de abstracción, su afilada punta abstracta. En particular, es caer en un vano optimismo cuando se piensa que saber sirve automáticamente para saber, que la cultura se torna tanto más fácil cuanto está más extendida y que, en fin, la inteligencia, sancionada por éxitos precoces o por simples concursos universitarios, se capitaliza como una riqueza material. Aun admitiendo que una buena cabeza escapa al narcisismo intelectual tan frecuente en la cultura literaria, en la adhesión apasionada a los juicios del gusto, puede seguramente decirse que una buena cabeza es, desgraciadamente, una cabeza cerrada. Es un producto de escuela.

En efecto, las crisis del crecimiento del pensamiento implican una refundición total del sistema del saber. Entonces, la cabeza bien hecha debe ser rehecha. Cambia de especie. Se opone a la especie precedente por una función decisiva. A través de las revoluciones espirituales que exige la invención científica, el hombre se convierte en una especie mutante o, para expresarlo aún mejor, en una especie que necesita mutar, que sufre si no cambia. Espiritualmente, el hombre necesita necesidades. Si se considerara adecuadamente, por ejemplo, la modificación psíquica que se realiza a través de la comprensión de

doctrinas como la relatividad o la mecánica ondulatoria, quizá no se encontrarían estas expresiones exageradas, sobre todo si se reflexionara en la real solidez de la ciencia prerrelativista. Mas ya volveremos sobre estos juicios en nuestro último capítulo, cuando habremos aportado numerosos ejemplos de revoluciones espirituales.

Se repite también frecuentemente que la ciencia es ávida de unidad, que tiende a unificar fenómenos de aspecto distinto, que busca la sencillez o la economía en los principios y en los métodos. Esta unidad la encontrará muy pronto, si pudiera complacerse con ello. Por el contrario, el progreso científico marca sus más puras etapas abandonando los factores filosóficos de unificación fácil, tales como la unidad de acción del Creador, la unidad de plan de la naturaleza, la unidad lógica. En el hecho, estos factores de unidad que aún actuaban en el pensamiento científico del siglo XVIII, ya no se invocan más. Al sabio contemporáneo que quisiera reunir la cosmología y la teología se le reputaría muy pretencioso.

Y entrando en el detalle mismo de la investigación científica, frente a una experiencia bien determinada que pueda ser registrada como tal, verdaderamente como una y completa, el espíritu científico jamás se siente impedido de variar las condiciones, en una palabra, de salir de la contemplación de lo mismo y buscar lo otro, de dialectizar la experiencia. Así es como la química multiplica y completa sus series homólogas, hasta salir de la naturaleza materializando cuerpos más o menos hipotéticos sugeridos por el pensamiento inventivo. Es así como, en todas las ciencias rigurosas, un pensamiento ansioso desconfía de las identidades más o menos aparentes, para reclamar incesantemente mayor precisión, ipso facto mayores ocasiones de distinguir. Precisar, rectificar, diversificar, he ahí los tipos de pensamiento dinámico que se alejan de la certidumbre y de la unidad, y que en los sistemas homogéneos encuentran más obstáculos que impulsos. En resumen, el hombre animado por el espíritu científico sin duda desea saber, pero es, por lo pronto, para interrogar mejor.

II

La noción de obstáculo epistemológico puede ser estudiada en el desarrollo histórico del pensamiento científico y en la práctica de la educación. En uno y otro caso, este estudio no es cómodo. La historia, por principio, es en efecto hostil a todo juicio normativo. Sin embargo, si se quiere juzgar la eficacia de un pensamiento, hay que colocarse en un punto de vista normativo. Todo lo que se encuentra en la historia del pensamiento científico, dista mucho de servir efectivamente a la evolución de

este pensamiento. Ciertos conocimientos aun justos, detienen demasiado pronto a investigaciones útiles. El epistemólogo debe, pues, seleccionar los documentos recogidos por el historiador. Debe juzgarlos desde el punto de vista de la razón y hasta de la razón evolucionada, pues solamente en nuestros días es cuando podemos juzgar plenamente los errores del pasado espiritual. Por otra parte, aun en las ciencias experimentales, es siempre la interpretación racional la que ubica los hechos en su lugar exacto. Es sobre el eje experienciarazón, y en el sentido de la racionalización, donde se encuentran, al mismo tiempo, el riesgo y el éxito. Sólo la razón dinamiza a la investigación, pues sólo ella sugiere, más allá de la experiencia común (inmediata y especiosa), la experiencia científica (indirecta y fecunda). Es, pues, el esfuerzo de racionalidad y de construcción el que debe atraer la atención del epistemólogo. El historiador de la ciencia debe tomar los hechos como ideas, insertándolas en un sistema de pensamientos. Un hecho para el interpretado por una época, sigue siendo un hecho para el historiador. Según el epistemólogo es un obstáculo, un contra pensamiento.

Será, sobre todo, profundizando la noción de obstáculo epistemológico cómo se otorgará su pleno valor espiritual a la historia del pensamiento científico. Demasiado a menudo la preocupación por la objetividad, que lleva al historiador de las ciencias a hacer un repertorio todos los textos, no llega a la apreciación de las variaciones psicológicas en la interpretación de un mismo texto. ¡En una misma época, bajo una misma palabra, hay conceptos tan diferentes! Lo que nos engaña es que la misma palabra designa y explica al mismo tiempo. La designación es la misma; la explicación es diferente. Por ejemplo, al teléfono corresponden conceptos que difieren totalmente para el abonado, para la telefonista, para el ingeniero, para el matemático preocupado en las ecuaciones diferenciales de las corrientes telefónicas. El epistemólogo tendrá, pues, que esforzarse en captar los conceptos científicos en efectivas síntesis psicológicas; vale decir, en síntesis psicológicas progresivas, estableciendo, respeto de cada noción, una escala de conceptos mostrando cómo un concepto produce otro, cómo se vincula con otro. Entonces tendrá cierta posibilidad de apreciar una eficacia epistemológica. Y de inmediato el pensamiento se presentará como una dificultad vencida, como un obstáculo superado.

En la educación, la noción de obstáculo pedagógico es igualmente desconocida. Frecuentemente me ha chocado el hecho de que los profesores de ciencias, aún más que los otros si cabe, no comprendan que no se comprenda. Son poco numerosos los que han sondeado la psicología del error, de la ignorancia y de la irreflexión. El

libro de Gérard-Varet³ no ha tenido resonancia. Los profesores de ciencias se imaginan que el espíritu comienza como una lección, que siempre puede rehacerse una cultura perezosa repitiendo una clase, que puede hacerse comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega al curso de Física con conocimientos empíricos ya constituidos; no se trata, pues, de adquirir una cultura experimental, sino de cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana. Un solo ejemplo: el equilibrio de los cuerpos flotantes es objeto de una intuición familiar que es una maraña de errores. De una manera más o menos clara se atribuye una actividad al cuerpo que flota, o mejor, al cuerpo que nada. Si se trata con la mano de hundir en el agua un trozo de madera, éste resiste. No se atribuye fácilmente esa resistencia al agua. Es entonces, bastante difícil hacer comprender el principio de Arquímedes, en su asombrosa sencillez matemática, si de antemano no se ha criticado y desorganizado el conjunto impuro de las intuiciones básicas. En particular, sin este psicoanálisis de los errores iniciales, jamás se hará comprender que el cuerpo que emerge y el cuerpo totalmente sumergido obedecen la misma ley.

De ahí que toda cultura científica deba comenzar, como lo explicaremos ampliamente, por una catarsis intelectual y afectiva. Queda luego la tarea más difícil: poner la cultura científica en estado de movilización permanente, reemplazar el saber cerrado y estático por un conocimiento abierto y dinámico, dialectizar todas las variables experimentales, dar finalmente a la razón motivos para evolucionar.

Por otra parte, estas observaciones pueden ser generalizadas; ellas son más visibles en la enseñanza científica, pero tienen cabida en todo esfuerzo educativo. En el transcurso de una carrera ya larga y variada, jamás he visto a un educador cambiar de método de educación. Un educador no tiene el sentido del fracaso, precisamente porque se cree un maestro. Quien enseña manda. De ahí una oleada de instintos.

Von Monakow y Mourgue han observado justamente esta dificultad de reforma en los métodos de educación, invocando el peso de los instintos en los educadores.⁴ "Hay individuos para los cuales todo consejo relativo a los errores de educación que cometen, es absolutamente inútil porque esos llamados errores no son sino la ex-

³ Gérard-Varet (1898) *Essai de Psychologie objective. L'Ignorence et l'Irreflexion*, París.

⁴ Von Monakow y Mourgue *Introduction biologique à l'étude de la neurologie et de la psychopathologie*, p. 89.

presión de un comportamiento instintivo." En verdad, von Monakow y Mourgue se refieren a "individuos psicópatas", pero la relación de maestro a alumno es una relación fácilmente patógena. El educador y el educando participan de un psicoanálisis especial. De todos modos, el examen de las formas inferiores del psiquismo no debe ser descuidado, si se desean caracterizar todos los elementos de la energía y preparar una regulación gnóseoafectiva indispensable, para el progreso del espíritu científico. De una manera más precisa; discernir los obstáculos epistemológicos es contribuir a fundar los rudimentos de un psicoanálisis de la razón.

III

El sentido de estas observaciones generales resaltará mejor cuando hayamos estudiado obstáculos epistemológicos muy particulares y dificultades bien definidas. He aquí entonces el plan que seguiremos en este estudio:

La experiencia básica o, para hablar con mayor exactitud, la observación científica. En efecto, esta observación básica se presenta con un derroche de imágenes; es pintoresca, concreta, natural, fácil. No hay más que describirla y maravillarse. Se cree entonces comprenderla. Comenzaremos nuestra encuesta caracterizando este obstáculo y poniendo de relieve que entre la observación y la experimentación no hay continuidad, sino ruptura.

Inmediatamente después de haber descrito la seducción de la observación particular y coloreada, mostraremos el peligro de seguir las generalidades del primer aspecto, pues como tan bien lo dice d'Alembert, se generalizan las primeras consideraciones, en cuanto no se tiene más nada que considerar. Veremos así el espíritu científico trabado desde su nacimiento por dos obstáculos, en cierto sentido, opuestos. Tendremos pues, la ocasión de captar el pensamiento empírico en una oscilación llena de sacudidas y de tirones, y finalmente, todo desarticulado. Mas esta desarticulación torna posible movimientos útiles. De manera que el epistemólogo mismo es juguete de valorizaciones contrarias que se resumirían bastante bien en las siguientes objeciones: Es necesario que el pensamiento abandone el empirismo inmediato. El pensamiento empírico adopta, entonces, un sistema. Pero el primer sistema es falso. Es falso, pero tiene por lo menos la utilidad de desprender el pensamiento alejándolo del conocimiento sensible; el primer sistema moviliza al pensamiento. Entonces el espíritu, constituido en sistema, puede volver a la experiencia con pensamientos barrocos pero agresivos, interrogantes, con una especie de ironía metafísica muy marcada en los experimentadores jóvenes, tan seguros de sí mismos, tan dispuestos a

observar lo real en función de sus propias teorías. De la observación al sistema, se va así de los ojos embobados a los ojos cerrados.

Es por otra parte muy notable que, de una manera general, los obstáculos a la cultura científica se presentan siempre por pares. A tal punto que podría hablarse de una ley psicológica de la bipolaridad de los errores. En cuanto una dificultad se revela importante, puede uno asegurar que al tratar de eludirla, se tropezará con un obstáculo opuesto. Semejante regularidad en la dialéctica de los errores no puede provenir naturalmente del mundo objetivo. A nuestro entender, proviene de la actitud polémica del pensamiento científico frente al mundo de la ciencia. Como en una actividad científica debemos inventar, debemos encarar el fenómeno desde otro punto de vista. Mas hay que legitimar nuestra invención: entonces concebimos nuestro fenómeno criticando al fenómeno ajeno. Poco a poco, nos vemos conducidos a convertir nuestras objeciones en objetos, a transformar nuestras críticas en leyes. Nos encarnizamos en variar el fenómeno en el sentido de nuestra oposición al saber ajeno. Es naturalmente, sobre todo en una ciencia joven donde podrá reconocerse esta originalidad de mala ley que no hace sino reforzar los obstáculos contrarios.

Cuando hayamos bordeado así nuestro problema mediante el examen del espíritu concreto y del espíritu sistemático, volveremos hacia obstáculos algo más particulares. Entonces nuestro plan será necesariamente flotante y no trataremos de evitar las repeticiones, pues está en la naturaleza de un obstáculo epistemológico ser confuso y polimorfo. Es también muy difícil establecer una jerarquía de los errores y seguir un orden para describir los desórdenes del pensamiento. Expondremos, pues, en montón nuestro museo de horrores, dejando al lector el cuidado de pasar por alto los ejemplos aburridos cuando haya comprendido el sentido de nuestras tesis. Examinaremos sucesivamente el peligro de la explicación por la unidad de la naturaleza, por la utilidad de los fenómenos naturales. Dedicaremos un capítulo especial para señalar el obstáculo verbal, vale decir la falsa explicación lograda mediante una palabra explicativa, a través de esa extraña inversión que pretende desarrollar el pensamiento analizando un concepto, en lugar de implicar un concepto particular en una síntesis racional.

El obstáculo verbal nos conducirá naturalmente al examen de uno de los obstáculos más difíciles de superar, porque está apoyado en una filosofía fácil. Nos referimos al sustancialismo, a la monótona explicación de las propiedades por la sustancia. Mostraremos entonces que para el físico y, sin prejuzgar de su valor, para el filósofo, el realismo es una metafísica infecunda, puesto que detiene la investigación en lugar de provocarla.

Terminaremos esta primera parte de nuestro libro con el examen de un obstáculo muy especial, que podremos delimitar con suma precisión y que, por tanto, nos ofrecerá un ejemplo lo más claro posible de la noción de obstáculo epistemológico. Con su nombre completo lo designaremos: el obstáculo animista en las ciencias físicas. Ha sido casi completamente superado por la física del siglo XIX; pero como en los siglos XVII y XVIII se presenta de un modo tal que, a nuestro parecer, constituye un rasgo característico del espíritu precientífico, adoptaremos la regla casi absoluta de caracterizarlo siguiendo a los físicos de los siglos XVII y XVIII. Esta limitación hará quizá más pertinente la demostración, puesto que se verá el poder de un obstáculo en la misma época en que va a ser superado. Por lo demás este obstáculo animista no tiene sino una lejana vinculación con la mentalidad animista que todos los etnólogos han examinado ampliamente. Daremos una gran extensión a este capítulo precisamente por que podría creerse que no hay en esto sino un rasgo particular y pobre.

Con la idea de sustancia y con la idea de vida, concebidas ambas a la manera ingenua, se introducen en las ciencias físicas innumerables valorizaciones que contradicen a los verdaderos valores del pensamiento científico. Propondremos pues psicoanálisis especiales para desembarazar al espíritu científico de esos falsos valores.

Después de los obstáculos que debe superar el conocimiento empírico, en el penúltimo capítulo, llegaremos a mostrar las dificultades de la información geométrica

y matemática, las dificultades en fundar una Física matemática susceptible de provocar descubrimientos. Ahí también, reuniremos ejemplos tomados de los sistemas torpes, de las geometrificaciones desgraciadas. Se verá cómo el falso rigor bloquea al pensamiento, cómo un primer sistema matemático impide a veces la comprensión de un sistema nuevo. Nos limitaremos por otra parte a observaciones muy elementales para conservar a nuestro libro su aspecto fácil. Por lo demás, para completar nuestra tarea en esta dirección, deberíamos estudiar, desde el mismo punto de vista crítico, la formación del espíritu matemático. Hemos reservado semejante tarea para otra obra. Según nuestro parecer, tal división es posible porque el crecimiento del espíritu matemático es muy diferente del crecimiento del espíritu científico en su esfuerzo para comprender los fenómenos físicos. En efecto, la historia de las matemáticas es una maravilla de regularidad. Ella conoce pausas. Ella no conoce períodos de errores. Ninguna de las tesis que sostenemos en este libro apunta pues al conocimiento matemático. No se refieren sino al conocimiento del mundo objetivo.

Es este conocimiento del objeto que, en nuestro último capítulo, examinaremos en toda su generalidad, señalando todo lo que puede empañar su pureza, todo lo que puede disminuir su valor educativo. Creemos trabajar así en favor de la moralización de la ciencia, pues estamos íntimamente convencido que el hombre que sigue las leyes del mundo obedece desde ya a un gran destino.

