

Asimismo existe el correspondiente abismo entre las imágenes visuales y lo que sabemos. El ver salva este abismo, puesto que, si bien ver es al menos una "copia visual" de los objetos, es también más que eso. Es una cierta clase de visión de los objetos: es ver que si se dieta *x*, se seguiría *y*. Este hecho se olvidó en todo lo que se dijo acerca del conocimiento proveniente de la experiencia sensorial, la memoria, la asociación y la correlación. La memorización, la asociación, la correlación y la comparación mental de pinturas pueden ser comprendidas *ad indefinitum* sin haber dado un paso hacia el conocimiento científico, esto es, hacia proposiciones de las que se sabe que son verdaderas. ¿Cuánto tiempo debemos manipular fotografías, diagramas y bocetos de antílopes antes de que surja la frase "los antílopes son ungulados"?

Cuando se ignoran el lenguaje y las notaciones en los estudios de observación, se considera que la física descansa sobre la pura sensación y los experimentos de bajo nivel. Se la describe como una concatenación repetitiva y monótona de sensaciones espectaculares y de experimentos de laboratorio escolar. Pero la ciencia física no es solamente una sistemática exposición de los sentidos al mundo; también es una manera de pensar acerca del mundo, una manera de formar concepciones. El observador paradigmático no es el hombre que ve y comunica lo que todos los observadores normales ven y comunican, sino el hombre que ve en objetos familiares lo que nadie ha visto anteriormente.⁵⁷

⁵⁷ "La filosofía natural... no consiste en el descubrimiento de hechos, sino en descubrir nuevas formas de pensar acerca de ellos. La prueba a que sometemos estas ideas es ésta: ¿nos permiten ensambalar los hechos unos con otros?"; Bragg, "The atom" en *The History of Science*, Londres, 1948, p. 167.

"El ordenamiento armónico es la tarea del científico. Una ciencia se construye a partir de hechos, lo mismo que una casa se construye a partir de ladrillos. Pero no se puede llamar ciencia a una mera colección de hechos, como no puede llamarse casa a un montón de ladrillos"; Poincaré, *Foundations of Science*, Science Press, Lancaster, Pa., 1946, p. 127. "Frecuentemente, no se ve un objeto porque no se sabe cómo verlo, más que por algún defecto en el órgano de la visión... [Herschel decía] Prepararé el aparato y le colocaré a usted en una posición tal que [las líneas oscuras de Fraunhofer] sean visibles, y, a pesar de ello, usted las buscará y no las encontrará: después de lo cual le instruiré en cómo verlas mientras usted permanece en la misma posición, y entonces las verá, y no sólo se preguntará cómo es que no las veía antes, sino que encontrará imposible mirar al espectro sin verlas."; Babbage, *The Decline of Science in England*, R. Clay, Londres, 1830."

LAS REVOLUCIONES COMO CAMBIOS DE LA CONCEPCIÓN DEL MUNDO*

THOMAS KUHN

Al examinar el registro de la investigación pasada, desde la atalaya de la historiografía contemporánea, el historiador de la ciencia puede sentirse tentado a proclamar que cuando cambian los paradigmas el mundo mismo cambia con ellos. Guiados por un nuevo paradigma, los científicos adoptan nuevos instrumentos y buscan en lugares nuevos. Lo que es todavía más importante, durante las revoluciones los científicos ven cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos familiares en lugares en los que ya habían buscado antes. Es como si la comunidad profesional hubiera sido transportada repentinamente a otro planeta donde los objetos familiares se ven bajo una luz diferente y, además, junto con otros objetos desconocidos. Por supuesto, nada de eso ocurre: no hay traspantada geográfica; fuera del laboratorio la vida cotidiana suele continuar como siempre. Sin embargo, los cambios de paradigma causan que los científicos vean el mundo de investigación con el que están comprometidos de manera diferente. En la medida en que su única vía de acceso al mundo consiste en lo que ven y hacen, estamos tentados a decir que después de una revolución los científicos responden a un mundo diferente.

Los conocidos experimentos del cambio gestáltico,** de cambio en la forma visual, resultan muy sugerentes como prototipos elementales de esas transformaciones del mundo del científico. Lo que

* "Revolutions as Changes of World View" apareció como el capítulo x de *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, The University of Chicago Press, 1962. Segunda edición 1970. Versión española: *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971. Se reimprime con autorización del Fondo de Cultura Económica. La traducción ha sido modificada por los compiladores.

** Los experimentos gestálticos son experimentos relacionados con la percepción visual, en los cuales tiene lugar un cambio en la forma, es decir, en la manera de organizar los elementos que se perciben. [Nota de los compiladores.]

eran patos en el mundo del científico antes de la revolución, son conejos después. El hombre que antes veía el exterior de la caja desde arriba, después ve su interior desde abajo. Las transformaciones como éstas, aunque por lo general son más graduales y casi siempre irreversibles, son usualmente concomitantes del adiestramiento científico. Al mirar el contorno de un mapa, el estudiante ve líneas sobre un papel, mientras que el cartógrafo ve una representación de un terreno. Al mirar una fotografía de una cámara de burbujas, el estudiante ve líneas quebradas y confusas, mientras que el físico ve un registro de eventos subnucleares familiares. Sólo después de un cierto número de tales transformaciones de la visión, el estudiante llega a ser un habitante del mundo de los científicos, viendo lo que ven los científicos y respondiendo como ellos lo hacen. Sin embargo, el mundo al que entonces entra el estudiante no queda fijado, de una vez por todas, tanto por la naturaleza del medio ambiente, como por la naturaleza de la ciencia. Más bien, queda conjuntamente determinado por el medio ambiente y por la tradición particular de ciencia normal en la que el estudiante ha sido educado. Por consiguiente, en tiempos de revolución, cuando la tradición de ciencia normal cambia, la percepción que tiene el científico de su medio ambiente debe ser reeducada: en algunas situaciones familiares debe aprender a ver una forma (*Gestalt*) nueva. Después de haber hecho eso, el mundo de su investigación parecerá, en algunos aspectos, incommensurable con el que habitaba antes. Esa es otra de las razones por las cuales las escuelas guiadas por paradigmas diferentes siempre están ligeramente en pugna involuntaria.

Por supuesto, en su forma más usual, los experimentos gestálticos ilustran sólo la naturaleza de las transformaciones de la percepción. No nos indican nada acerca del papel de los paradigmas o de la experiencia previamente asimilada en el proceso de la percepción. Pero sobre esa cuestión existe abundante literatura de la psicología, gran parte de la cual procede de los trabajos pioneros del Instituto Hanover. Un sujeto experimental que se ponga anteojos con lentes inversores verá inicialmente el mundo entero cabeza abajo. Al principio su aparato perceptual funciona como si hubiera sido entrenado para funcionar sin esos anteojos, y el resultado es una extrema desorientación y una aguda crisis personal. Pero después de que el sujeto ha comenzado a aprender a conductirse en su nuevo mundo, todo su campo visual se transforma,

usualmente después de un periodo intermedio en el que la visión resulta simplemente confusa. De ahí en adelante los objetos son vistos de nuevo como se veían antes de utilizar los anteojos. La asimilación de un campo visual previamente anómalo ha reaccionado sobre el campo mismo, haciéndolo cambiar.¹ Tanto literal como metafóricamente, el hombre acostumbrado a los lentes inversores ha sufrido una transformación revolucionaria de la visión.

Los sujetos del experimento de las cartas anómalas de la baraja, discutidos en la sección VI, experimentaron una transformación muy similar. Hasta que aprendieron, por medio de una prolongada exposición, que el universo contenía cartas anómalas, sólo veían los tipos de cartas para los cuales sus experiencias previas los habían preparado. Sin embargo, una vez que la experiencia les proporcionó las categorías complementarias necesarias, fueron capaces de ver todas las cartas anómalas en una primera inspección, lo suficientemente larga como para permitir una identificación. Otros experimentos demuestran incluso que el tamaño, el color, etc., percibidos en objetos que se muestran durante el experimento, también varían de acuerdo con la experiencia y el adiestramiento previos del sujeto.² Al examinar la rica literatura experimental de la que hemos extraído estos ejemplos, llegamos a sospechar que se necesita algo similar a un paradigma como requisito previo de la percepción misma. Lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo ha enseñado a ver. En ausencia de tal adiestramiento sólo puede haber, en palabras de William James, "una confusión floreciente y zumbante" (*a bloomin' buzzin' confusion*).

En años recientes, varios de los interesados en la historia de la ciencia han encontrado muy sugerentes los tipos de experimentos antes descritos. En particular, N. R. Hanson ha utilizado los experimentos gestálticos para elaborar algunas de las mismas con-

¹ Los experimentos originales los realizó George M. Stratton, "Vision without Inversion of the Retinal Image", *Psychological Review*, IV (1897), 341-360, 463-481. Un análisis más actualizado se encuentra en Harvey A. Carr, *An Introduction to Space Perception*, Nueva York, 1935, pp. 18-57.

² Para ejemplos, véase Albert H. Hastorf, "The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance", *Journal of Psychology*, XXIX (1950), 195-217; y Jerome S. Bruner, Leo Postman y John Rodrigues, "Expectations and the Perception of Color", *American Journal of Psychology*, LXIV (1951), 216-227.

clusiones acerca del pensamiento científico que me ocupan aquí.³ Otros colegas han hecho notar repetidamente que la historia de la ciencia tendría un sentido más claro y coherente si se pudiera suponer que los científicos experimentan, ocasionalmente, cambios de percepción como los que acabamos de describir. Sin embargo, aunque los experimentos psicológicos son sugerentes, no pueden ser más que eso, dada la naturaleza del caso. Muestran características de la percepción que *podrían* ser centrales para el desarrollo científico, pero no demuestran que la observación cuidadosa y controlada del investigador científico comparta en algún grado esas características. Además, la naturaleza misma de estos experimentos hace imposible cualquier demostración directa de ello. Para que los ejemplos históricos puedan mostrar la pertinencia de estos experimentos psicológicos, debemos señalar primero los tipos de evidencia que la historia puede y no puede ofrecer.

El sujeto de un experimento gestáltico sabe que su percepción se ha modificado debido a que puede cambiarla en ambos sentidos repetidamente, mientras sostiene el mismo libro o la misma hoja de papel en la mano. Dándose cuenta de que nada en su medio ambiente ha cambiado, dirige cada vez más su atención no a la figura (pato o conejo) sino a las líneas del papel que está observando. Finalmente, incluso puede aprender a ver esas líneas sin ver ninguna de las figuras, y puede decir (lo que antes no hubiera podido decir legítimamente) que lo que ve realmente son esas líneas, pero que, alternativamente, las ve como un pato y como un conejo. Por el mismo motivo, el sujeto del experimento de las cartas anómalas sabe (o, más exactamente, puede ser persuadido de) que su percepción debe haber cambiado porque una autoridad externa, el experimentador, le asegura que a pesar de lo que *haya visto*, siempre estuvo *mirando* un cinco de corazones negros. En esos dos casos, como en todos los experimentos psicológicos similares, la efectividad del experimento depende de que se pueda analizar de esa manera. A menos que exista un patrón externo con respecto al cual pueda demostrarse un cambio de visión, no podrá sacarse ninguna conclusión sobre posibilidades alternativas de percepción.

Sin embargo, en la observación científica la situación es exactamente inversa. El científico puede no tener ningún recurso por

³ N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958, cap. 1. [Traducción al español incluida en esta antología.]

encima o más allá de lo que ve con sus ojos y sus instrumentos. Si hubiera alguna autoridad superior a la cual recurrir para demostrar que su visión había cambiado, esa autoridad se convertiría ella misma en la fuente de sus datos, y el comportamiento de su visión podría convertirse en una fuente de problemas (como lo es para el psicólogo la del sujeto experimental). Se presentarían los mismos tipos de problemas si el científico pudiera cambiar su percepción repetidamente en ambos sentidos, como el sujeto de los experimentos gestálticos. El período durante el cual la luz era "a veces una onda y a veces una partícula", fue un período de crisis —un período en que algo iba mal— y concluyó sólo con el desarrollo de la mecánica ondulatoria y la comprensión de que la luz era una entidad con identidad propia, y diferente tanto de las ondas como de las partículas. Por consiguiente, si en las ciencias los cambios perceptuales acompañan a los cambios de paradigma, no podemos esperar que los científicos atestigüen directamente sobre esos cambios. Al mirar la Luna, el converso al copernicanismo no dice: "Antes veía un planeta, pero ahora veo un satélite". Esta frase implicaría un sentido según el cual el sistema de Ptolomeo habría sido correcto alguna vez. En cambio, alguien que se haya convertido a la nueva astronomía dice: "Antes creía que la Luna era un planeta (o la veía como tal), pero estaba equivocado". Este tipo de enunciado vuelve a presentarse en el período inmediatamente posterior a las revoluciones científicas. Si oculta ordinariamente un cambio de visión científica, o alguna otra transformación mental que tenga el mismo efecto, no podemos esperar un testimonio directo sobre ese cambio. Más bien, debemos buscar evidencia conductual e indirecta de que el científico que dispone de un nuevo paradigma ve de manera diferente de la que veía antes.

Regresemos ahora a los datos y preguntémosnos qué tipos de transformaciones del mundo científico puede descubrir el historiador que crea en esos cambios. El descubrimiento de Urano por sir William Herschel proporciona un primer ejemplo que es muy similar al experimento de las cartas anómalas. Al menos en diecisiete ocasiones diferentes, entre 1690 y 1781, una serie de astrónomos, incluyendo a varios de los observadores más eminentes de Europa, vieron una estrella en posiciones que actualmente suponemos que Urano debió ocupar entonces. Uno de los mejores observadores de dicho grupo de hecho había visto la estrella durante cuatro noches

sucesivas, en 1769, sin notar el movimiento que podía haber sugerido otra identificación. Herschel, cuando observó por primera vez el mismo objeto, doce años más tarde, lo hizo con un telescopio perfeccionado, de su propia fabricación. Como resultado de ello, pudo notar un tamaño aparente del disco que era, por lo menos, muy poco usual para las estrellas. Había en ello algo raro y, por consiguiente, aplazó la identificación hasta llevar a cabo un examen más detenido. Ese examen mostró el movimiento de Urano entre las estrellas y, como consecuencia, Herschel anunció que había visto un nuevo cometa. Sólo al cabo de varios meses, después de varias tentativas infructuosas para ajustar el movimiento observado a una órbita de cometa, Lexell sugirió que la órbita era probablemente planetaria.⁴ Cuando se aceptó esa sugerencia hubo varias estrellas menores y un planeta más en el mundo de los astrónomos profesionales. Un cuerpo celeste que había sido observado de vez en cuando, durante casi un siglo, era visto de manera diferente a partir de 1781 debido a que, al igual que una de las cartas anómalas, no podía ajustarse ya a las categorías perceptuales (estrella o cometa) proporcionadas por el paradigma que había prevalecido antes.

El cambio de visión que permitió a los astrónomos ver a Urano como planeta no parece, no obstante, haber afectado sólo la percepción de ese objeto previamente observado. Sus consecuencias tuvieron mucho mayor alcance. Probablemente, aunque la evidencia es equívoca, el cambio menor de paradigma provocado por Herschel contribuyó a preparar a los astrónomos para el acelerado descubrimiento, después de 1801, de numerosos planetas menores o asteroides. A causa de su tamaño pequeño, los asteroides no mostraban el aumento anómalo que había alertado a Herschel. Sin embargo, los astrónomos preparados para ver planetas adicionales fueron capaces de identificar, con instrumentos ordinarios, veinte de ellos durante los primeros cincuenta años del siglo XIX.⁵ La historia de la astronomía proporciona muchos otros ejemplos de cambios en la percepción científica inducidos por los paradigmas, algunos de ellos incluso menos equívocos. ¿Es concebible, por

⁴ Peter Doig, *A Concise History of Astronomy*, Londres, 1950, pp. 115-116.

⁵ Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie*, Munich, 1877, pp. 513-515, 683-693. Nótese, en especial, lo difícil que es explicar, de acuerdo con la concepción de Wolf, esos descubrimientos en tanto consecuencias de la ley de Bode.

ejemplo, que fuera un accidente el que los astrónomos occidentales vieran por primera vez cambios en el firmamento, antes considerado inmutable, durante el medio siglo que siguió a la primera propuesta del paradigma copernicano? Los chinos, cuyas creencias cosmológicas no excluían el cambio celeste, habían registrado en fechas muy anteriores la aparición de muchas estrellas nuevas en el firmamento. Asimismo, incluso sin la ayuda de telescopios, los chinos habían registrado sistemáticamente la aparición de manchas solares, siglos antes de que fueran observadas por Galileo y sus contemporáneos.⁶ Las manchas solares y una nueva estrella tampoco fueron los únicos ejemplos de cambios celestes que surgieron, inmediatamente después de Copérnico, en el firmamento de los astrónomos occidentales. Utilizando instrumentos tradicionales, algunos tan simples como un pedazo de hilo, los astrónomos de fines del siglo XVI descubrieron sucesivamente que los cometas se desplazan libremente a través del espacio reservado previamente a los planetas y estrellas inmutables.⁷ La facilidad y la rapidez mismas con que los astrónomos vieron cosas nuevas, al observar objetos antiguos con instrumentos antiguos, nos tientan a decir que después de Copérnico los astrónomos vivieron en un mundo diferente. En todo caso, sus investigaciones se realizaron como si ése fuera el caso.

Seleccionamos los ejemplos anteriores de la astronomía debido a que los informes sobre las observaciones celestes se hacen, frecuentemente, en un vocabulario que consiste en términos observacionales relativamente puros. Sólo en esos informes podemos esperar hallar algo semejante a un paralelismo pleno entre las observaciones de los científicos y las de los sujetos experimentales de los psicólogos. Pero no es necesario insistir en un paralelismo tan completo, y podemos obtener mucho si flexibilizamos nuestro patrón. Si nos contentamos con el uso cotidiano del verbo 'ver', podemos rápidamente reconocer que ya hemos encontrado muchos otros ejemplos de cambio en la percepción científica que acompaña al cambio de paradigma. El uso extendido de 'percepción' y de

⁶ Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, III, Cambridge, 1959, pp. 423-429, 434-436.

⁷ T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge, Mass., 1957, pp. 206-209.

'ver' requerirá pronto una defensa explícita, pero primero ilustraré su aplicación en la práctica.

Veamos de nuevo, por un momento, dos de nuestros ejemplos anteriores, sacados de la historia de la electricidad. Durante el siglo XVII cuando sus investigaciones eran guiadas por alguna de las teorías de los efluvios, los electricistas vieron repetidamente limaduras o granzas que rebotaban o caían de los cuerpos electrificados que las habían atraído. Al menos, eso es lo que los observadores del siglo XVII decían que veían, y no tenemos más motivos para poner en duda sus informes de percepción que los que tenemos para dudar de los nuestros. Colocados ante los mismos aparatos, los observadores modernos verían una repulsión electrostática (más que un rebote mecánico o gravitacional), pero históricamente, con una excepción universalmente ignorada, la repulsión electrostática no fue vista como tal hasta que el aparato en gran escala de Hauksbee aumentó mucho sus efectos. Sin embargo, la repulsión por electrificación de contacto fue sólo uno de los muchos efectos de repulsión que vio Hauksbee. A través de sus investigaciones —a la manera de un cambio gestáltico— la repulsión repentinamente se convirtió en la manifestación fundamental de la electrificación, y entonces fue la atracción la que requirió explicación.⁸ Los fenómenos eléctricos visibles a comienzos del siglo XVIII fueron más sutiles y variados que los vistos por los observadores del siglo XVII. De la misma manera, después de la asimilación del paradigma de Franklin, el electricista que miraba una botella de Leyden vio algo diferente de lo que había visto antes. El aparato se había convertido en un condensador, que no necesitaba ni la forma de botella ni ser de cristal. En lugar de ello, los dos recubrimientos conductores se convirtieron en lo importante (uno de los cuales no había formado parte del aparato original). Como atestiguan, de manera gradual, tanto las discusiones escritas como las representaciones pictóricas, dos placas metálicas con un cuerpo no conductor entre ellas se habían convertido en el prototipo de la clase.⁹ Simultáneamente otros efectos de inducción recibieron nuevas descripciones y otros más fueron detectados por primera vez.

⁸ Duane Roller y Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge*, Cambridge, Mass., 1954, pp. 21-29.

⁹ Véase la discusión en la Sección VII y en la literatura indicada en esa sección en la nota 9.

Los cambios de este tipo no son exclusivos de la astronomía y la electricidad. Ya hemos hecho notar algunas de las transformaciones de la visión que son similares, las cuales pueden sacarse de la historia de la química. Como dijimos, Lavoisier vio oxígeno donde Priestley había visto aire deflogistizado y donde otros no habían visto nada en absoluto. Sin embargo, al aprender a ver oxígeno Lavoisier tuvo que modificar también su visión de otras muchas sustancias mejor conocidas. Por ejemplo, tuvo que ver un mineral compuesto donde Priestley y sus contemporáneos habían visto tierra elemental, y hubo otros cambios por el estilo. Cuando menos, como resultado de su descubrimiento del oxígeno, Lavoisier vio a la naturaleza de manera diferente. Y por no existir alguna manera de recurrir a esa naturaleza hipotética y fija, a la cual él "veía de forma diferente", el principio de economía nos exigirá decir que, después de descubrir el oxígeno, Lavoisier trabajó en un mundo diferente.

En breve examinaré si existe la posibilidad de evitar esta extraña frase, pero antes necesitamos un ejemplo más de su uso, en este caso derivado de una de las partes mejor conocidas del trabajo de Galileo. Desde la antigüedad más remota la mayoría de las personas han visto algún objeto pesado balanceándose en el extremo de una cuerda o cadena, hasta que finalmente queda en reposo. Para los aristotélicos, quienes creían que un cuerpo pesado se desplazaba por su propia naturaleza de una posición superior a una más baja, hasta llegar a un estado de reposo natural, el cuerpo que se balanceaba simplemente estaba cayendo con dificultad. Sujeto a la cadena, podía quedar en reposo en su posición más baja, sólo después de un movimiento tortuoso y de un tiempo considerable. Galileo, por otra parte, al observar el cuerpo que se balanceaba vio un péndulo, un cuerpo que casi lograba repetir el mismo movimiento, una y otra vez, hasta el infinito. Y después de ver esto, Galileo observó también otras propiedades del péndulo y, de acuerdo con esas propiedades, construyó muchas de las partes más importantes y originales de su nueva dinámica. Por ejemplo, de las propiedades del péndulo, Galileo dedujo sus únicos argumentos completos y correctos para la independencia del peso y del índice de caída, así como también para la relación entre la altura vertical y la velocidad final de los movimientos descendentes en el

plano inclinado.¹⁰ Vio todos esos fenómenos naturales de manera diferente de como habían sido vistos antes.

¿Por qué tuvo lugar ese cambio de visión? Por supuesto gracias al genio individual de Galileo. Pero nótese que el genio no se manifiesta en este caso como observación más exacta u objetiva del cuerpo oscilante. La percepción aristotélica es igualmente exacta en cuanto a la descripción. Cuando Galileo informó que el periodo del péndulo era independiente de la amplitud, para amplitudes menores de 90 grados, su concepción del péndulo lo llevó a ver ahí una regularidad mucho mayor de la que podemos aceptar ahora.¹¹ Más bien, lo que parece haber estado involucrado es la explotación, por parte del genio, de las posibilidades perceptuales, disponibles debido a un cambio del paradigma medieval. Galileo no había recibido una instrucción totalmente aristotélica. Por el contrario, había sido adiestrado para analizar los movimientos en términos de la teoría del ímpetu, un paradigma del final de la Edad Media que sostenía que el movimiento continuo de un cuerpo pesado se debía a un poder interno, implantado en él por el propulsor que inició su movimiento. Jean Buridan y Nicole Oresme, los escolásticos del siglo XIV que llevaron la teoría del ímpetu a sus formulaciones más perfectas, son los primeros hombres —hasta donde se sabe— en haber visto en los movimientos oscilatorios parte de lo que Galileo vio en ellos. Buridan describe el movimiento de una cuerda que vibra como aquél en el que inicialmente el ímpetu es implantado cuando se golpea la cuerda; luego ese ímpetu se consume al desplazarse la cuerda en contra de la resistencia ofrecida por su tensión; a continuación, la tensión lleva a la cuerda hacia atrás, implantando un ímpetu creciente hasta alcanzar el punto medio del movimiento; después de ello, el ímpetu desplaza a la cuerda en dirección opuesta, otra vez contra la tensión de la cuerda, y así sucesivamente en un proceso simétrico que puede continuar indefinidamente. Más avanzado el siglo, Oresme bosquejó un análisis similar de la piedra que se balancea, en lo que ahora se considera como la primera discusión sobre el péndulo.¹² Claramente, su concepción se encuentra

¹⁰ Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trad. H. Crew y A. de Salvio, Evanston, Ill., 1946, pp. 80-81, 162-166.

¹¹ *Ibid.*, pp. 91-94, 244.

¹² M. Claggett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wis., 1959, pp. 537-538, 570.

mucho cerca de la que tuvo Galileo cuando estudió el péndulo por primera vez. Al menos en el caso de Oresme, y casi seguro que también en el de Galileo, se trata de una concepción que se hizo posible gracias a la transición de un paradigma del movimiento a otro, a saber, del aristotélico tradicional al escolástico del ímpetu. Hasta que se inventó este paradigma escolástico, para el científico no había péndulos sino solamente piedras oscilantes. Los péndulos comenzaron a existir gracias a algo muy similar al cambio gestáltico inducido por un paradigma.

Sin embargo, ¿necesitamos realmente describir lo que separa a Galileo de Aristóteles, o a Lavoisier de Priestley, como una transformación de la visión? ¿Vieron realmente estos hombres cosas diferentes al mirar los mismos tipos de objetos? ¿Hay algún sentido legítimo en el que podamos decir que realizaron sus investigaciones en mundos diferentes? Ya no es posible continuar aplazando estas preguntas, ya que obviamente existe otro modo más usual de describir todos los ejemplos históricos delineados antes. Muchos lectores seguramente dirán que lo que cambia con un paradigma es sólo la interpretación que hacen los científicos de las observaciones, las cuales quedan fijadas, de una vez por todas, por la naturaleza del medio ambiente y del aparato perceptual. Según esta idea, tanto Priestley como Lavoisier vieron oxígeno, pero interpretaron sus observaciones de manera diferente; tanto Aristóteles como Galileo vieron péndulos pero difirieron en las interpretaciones de lo que habían visto.

Ante todo diré que esta habitual opinión sobre lo que sucede cuando los científicos cambian su manera de pensar acerca de cuestiones fundamentales, no puede ser completamente errónea ni una simple equivocación. Más bien, es una parte esencial de un paradigma filosófico iniciado por Descartes y desarrollado al mismo tiempo que la dinámica de Newton. Ese paradigma ha rendido buenos servicios tanto a la ciencia como a la filosofía. Su explotación, como la de la dinámica misma, ha dado como fruto una comprensión fundamental que quizá no hubiera podido lograrse de otra forma. Pero como también lo indica el propio ejemplo de la dinámica de Newton, incluso los éxitos más sorprendentes del pasado no pueden garantizar que las crisis se puedan posponer indefinidamente. Investigaciones actuales en partes de la filosofía, la psicología, la lingüística, e incluso en la historia del arte, conver-

gen en sugerir que el paradigma tradicional está de alguna manera sesgado. Este desajuste se hace cada vez más aparente también gracias a los estudios históricos sobre la ciencia, sobre los cuales se dirige aquí la mayor parte de nuestra atención.

Ninguna de estas cuestiones promotoras de crisis ha producido todavía una alternativa viable para el paradigma epistemológico tradicional, pero comienzan a sugerir lo que serán algunas de las características de ese paradigma. Por ejemplo, me doy cuenta perfectamente de la dificultad creada al decir que cuando Aristóteles y Galileo miraron piedras oscilantes, el primero vio una caída obstaculizada y el segundo un péndulo. Las frases iniciales de esta sección presentan las mismas dificultades en una forma todavía más fundamental: aunque el mundo no cambia con un cambio de paradigma, el científico trabaja en un mundo diferente después del cambio. No obstante, estoy convencido de que debemos aprender a dar sentido a enunciados que por lo menos se parezcan a éstos. Lo que sucede durante una revolución científica no es totalmente reducible a una reinterpretación de datos individuales y estables. En primer lugar, los datos no son inequívocamente estables. Un péndulo no es una piedra que cae, ni el oxígeno es aire deflogistizado. En consecuencia, los datos que reúnen los científicos a partir de esos objetos diversos son, como veremos muy pronto, ellos mismos diferentes. Más importante aún, el proceso por el cual el individuo o la comunidad hace la transición de la caída obstaculizada al péndulo, o del aire deflogistizado al oxígeno, no se parece a una interpretación. ¿Cómo podría serlo en ausencia de datos fijos que el científico pudiera interpretar? Más que ser un intérprete, el científico que abraza un nuevo paradigma es como el hombre que usa lentes inversores. Frente a la misma constelación de objetos, sabiendo que es la misma de antes, los encuentra, sin embargo, totalmente transformados en muchos de sus detalles.

Ninguno de estos comentarios pretende negar que una característica distintiva de la actividad científica es la interpretación de las observaciones y los datos. Por el contrario, Galileo interpretó las observaciones del péndulo, Aristóteles las observaciones de las piedras en caída, Musschenbroek las observaciones de una botella cargada eléctricamente, y Franklin las observaciones de un condensador. Pero cada una de esas interpretaciones presupone un paradigma. Eran partes de la ciencia normal, una empresa que,

como ya hemos visto, tiene como fin el refinar, ampliar y articular un paradigma que ya existe. En la sección III presentamos muchos ejemplos en los cuales la interpretación jugaba un papel central. Esos ejemplos eran típicos en una mayoría abrumadora de investigaciones. En cada uno de ellos, en virtud de un paradigma aceptado, el científico sabía qué era un dato, qué instrumentos podían usarse para capturarlos y qué conceptos eran relevantes para interpretarlo. Dado un paradigma, la interpretación de los datos es central para la empresa de explorarlo.

Pero esa empresa de interpretación —y éste era el tema del penúltimo párrafo— sólo puede articular un paradigma, no corregirlo. Los paradigmas no son corregibles en absoluto por la ciencia normal. En cambio, como ya hemos visto, la ciencia normal a lo sumo conduce, en última instancia, al reconocimiento de anomalías y a crisis. Y éstas se terminan, no mediante deliberación e interpretación, sino por un suceso relativamente repentino y no estructurado, a la manera de un cambio gestáltico. Así, los científicos hablan con frecuencia de las “vendidas que se les caen de los ojos” o de la “iluminación repentina” que “inunda” un enigma previamente oscuro, permitiendo que sus componentes se vean de una manera nueva que hace posible, por primera vez, su resolución. En otras ocasiones la iluminación pertinente se presenta durante el sueño.¹³ Ningún sentido ordinario del término ‘interpretación’ se ajusta a estos chispazos de intuición, por medio de los cuales nace un nuevo paradigma. Aunque tales intuiciones dependen de la experiencia, tanto anómala como congruente —obtenida con el antiguo paradigma—, dichas intuiciones no se encadenan ni lógicamente ni gradualmente con ítems particulares de esa experiencia, como sucedería si se tratara de interpretaciones. En lugar de ello, las intuiciones reúnen grandes porciones de esa experiencia y las transforman para incluirlas en un caudal muy diferente de experiencia, el cual se ligará más tarde, de manera gradual, al nuevo paradigma y no al antiguo.

¹³ [Jacques] Hadamard, *Subconscient intuition, et logique dans la recherche scientifique* (*Conférence fait au Palais de la Découverte le 8 Décembre 1945* [Alençon, n. d.]), pp. 7-8. Un análisis mucho más completo, aunque restringido exclusivamente a las innovaciones matemáticas, es la obra del mismo autor: *The Psychology of Invention in the Mathematical Field*, Princeton, 1949.

Para aprender algo más sobre cuáles pueden ser esas diferencias de experiencia, volvamos por un momento a Aristóteles, Galileo y el péndulo. ¿Qué datos pusieron a su alcance la interacción de sus diferentes paradigmas y su medio ambiente común? Al ver la caída obstaculizada, el aristotélico mediría (o al menos discutiría, pues el aristotélico raramente media) el peso de la piedra, la altura vertical a que había sido elevada y el tiempo requerido para que quedara en reposo. Junto con la resistencia del medio, éstas fueron las categorías conceptuales tomadas en consideración por la ciencia aristotélica para tratar la caída de un cuerpo.¹⁴ La investigación normal guiada por ellas no hubiera podido producir las leyes que descubrió Galileo. Sólo podía —y lo hizo por otro camino— conducir a la serie de crisis de la que surgió la concepción de Galileo acerca de la piedra oscilante. Como resultado de estas crisis y de otros cambios intelectuales, Galileo vio la piedra que se balanceaba de manera totalmente diferente. El trabajo de Arquímedes sobre los cuerpos en flotación hizo que el medio no fuera esencial; la teoría del ímpetu volvió al movimiento simétrico y duradero; y el neoplatonismo dirigió la atención de Galileo hacia la forma circular del movimiento.¹⁵ Por consiguiente, Galileo sólo midió el peso, el radio, el desplazamiento angular y el tiempo de cada oscilación, que eran precisamente los datos que podían interpretarse de tal modo que produjeran las leyes de Galileo para el péndulo. De hecho la interpretación resultó casi innecesaria. Dados los paradigmas de Galileo, las regularidades similares a las del péndulo eran casi accesibles a la inspección. ¿De qué otra manera podríamos explicar el descubrimiento hecho por Galileo de que el período de oscilación es enteramente independiente de la amplitud?, un descubrimiento que la ciencia normal sucesora de Galileo tuvo que erradicar y que en la actualidad difícilmente podríamos sustentar. Las regularidades que para un aristotélico no hubieran podido existir (y que de hecho no se encuentran ejemplificadas de manera precisa en ninguna parte de la naturaleza), fueron consecuencias de la experiencia inmediata para el hombre que vio la piedra oscilante como la vio Galileo.

¹⁴ T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments", en *Mélanges Alexandre Koyré*, R. Taton e I. B. Cohen (eds.), por publicarse por Hermann (París) en 1963.

¹⁵ A. Koyré, *Études Galiléennes*, París, 1939, I, pp. 46-51 [*Estudios galileanos*, México, Siglo XXI]; y "Galileo and Plato", *Journal of the History of Ideas*, IV (1943), 400-428.

Quizá el ejemplo resulte demasiado fantástico, ya que los aristotélicos no registraron ninguna discusión sobre las piedras oscilantes. De acuerdo con su paradigma éste era un fenómeno extraordinariamente complejo. Pero los aristotélicos sí discutieron el caso más simple, el de las piedras que caen sin impedimentos no comunes, y en este caso pueden observarse las mismas diferencias de visión. Al observar una piedra que cae, Aristóteles vio un cambio de estado más que un proceso. Para él, por consiguiente, las medidas relevantes del movimiento eran la distancia total recorrida y el tiempo total transcurrido, parámetros que producen lo que actualmente no llamaríamos velocidad sino velocidad media.¹⁶ Similarmente, debido a que la piedra era impulsada por su naturaleza para alcanzar su punto final de reposo, Aristóteles vio como parámetro importante de la distancia, en cualquier instante durante el movimiento, la distancia al punto final, más que la distancia desde el punto de origen del movimiento.¹⁷ Esos parámetros conceptuales subyacen y dan sentido a la mayoría de sus bien conocidas "leyes del movimiento". Sin embargo, en parte debido al paradigma del ímpetu, y en parte a una doctrina conocida como la latitud de las formas, la crítica escolástica modificó esa manera de ver el movimiento. Una piedra se desplaza por el ímpetu creciente logrado mientras se aleja de su punto inicial; por consiguiente, el parámetro importante fue la distancia del punto de partida y no la distancia al punto de llegada. Además la noción aristotélica de la velocidad fue bifurcada por los escolásticos en conceptos de poco después de Galileo se convirtieron en nuestra velocidad media y nuestra velocidad instantánea. Pero cuando se examinan a través del paradigma del cual estas concepciones formaban parte, la piedra que cae, así como el péndulo, muestran las leyes que los gobiernan casi en la inspección directa. Galileo no fue uno de los primeros hombres que sugirió que las piedras caen con un movimiento uniformemente acelerado.¹⁸ Además, había desarrollado su teoría sobre ese problema, junto con muchas de sus consecuencias, antes de experimentar con el plano inclinado. Ese teorema fue uno más de los de la red de regularidades nuevas que se hicieron ac-

¹⁶ Kuhn, "A Function for Thought Experiments" (cita completa en la nota 14).

¹⁷ Koyré, *Études*, II, pp. 7-11.

¹⁸ Claggett, *op. cit.*, caps. IV, VI y IX.

cesibles al genio, en el mundo determinado conjuntamente por la naturaleza y por los paradigmas de acuerdo con los cuales Galileo y sus contemporáneos se habían desarrollado. Viviendo en ese mundo, Galileo incluso podía explicar, si así lo deseaba, por qué Aristóteles había visto lo que vio. Sin embargo, el contenido inmediato de la experiencia de Galileo con las piedras en caída no fue lo que había sido para Aristóteles.

Por supuesto, no está claro, de ninguna manera, que debemos preocuparnos tanto por la "experiencia inmediata", es decir, con los rasgos perceptuales que un paradigma destaca de tal manera que las regularidades se vuelven accesibles casi desde la inspección directa. Esos rasgos obviamente deben cambiar según los paradigmas con los que se comprometan los científicos, pero están lejos de ser lo que usualmente tenemos en mente cuando hablamos de los datos crudos o de la experiencia bruta, a partir de los cuales se supone que procede la investigación científica. Quizá la experiencia inmediata debería dejarse de lado y, en lugar de ello, deberíamos discutir las operaciones y mediciones concretas que el científico realiza en su laboratorio. O quizá el análisis deba alejarse más todavía de lo inmediatamente dado. Por ejemplo, podría llevarse a cabo en términos de algún lenguaje neutral de observación, quizá uno diseñado para conformarse a las impresiones de la retina que sirven como intermediarios para lo que el científico ve. Sólo de alguna de esas maneras podemos esperar encontrar un dominio en el cual la experiencia vuelva a ser estable, de una vez y para siempre, en donde el péndulo y la caída obstaculizada no sean percepciones diferentes sino más bien interpretaciones diferentes de los datos inequívocos proporcionados por la observación de una piedra que se balancea.

Pero, ¿es fija y neutral la experiencia sensorial? ¿Son las teorías simplemente interpretaciones hechas por el hombre a partir de datos dados? El punto de vista epistemológico que las más de las veces ha guiado a la filosofía occidental durante tres siglos dicta un sí inmediato e inequívoco. En ausencia de una alternativa desarrollada, encuentro imposible abandonar por completo ese punto de vista. Sin embargo, ya no funciona más de manera efectiva, y los intentos para que lo haga mediante la introducción de un lenguaje neutral para las observaciones me parece ahora que no tienen ninguna perspectiva.

Las operaciones y mediciones que realiza un científico en el laboratorio no son "lo dado" en la experiencia, sino más bien "lo reunido con dificultad". No son lo que el científico ve, por lo menos no antes de que su investigación esté bastante avanzada y su atención enfocada. Más bien son indicadores concretos del contenido de percepciones más elementales y, como tales, se seleccionan para el escrutinio más detallado de la investigación normal sólo porque prometen una oportunidad para la elaboración fructífera de un paradigma aceptado. Las operaciones y mediciones están determinadas por los paradigmas de una manera mucho más clara que lo está la experiencia inmediata de la cual en parte se derivan. La ciencia no tiene que ver en todas las manipulaciones posibles de laboratorio. En lugar de ello selecciona aquellas que son relevantes para la yuxtaposición de un paradigma con la experiencia inmediata que ese paradigma ha determinado parcialmente. Como resultado, los científicos con paradigmas diferentes se comprometen con diferentes manipulaciones concretas de laboratorio. Las mediciones que deben realizarse en el caso del péndulo no son las relevantes en el caso de la caída obstaculizada. Tampoco las operaciones pertinentes para la elucidación de las propiedades del oxígeno son uniformemente las mismas que las requeridas al investigar las características del aire deflogitizado.

En cuanto a un lenguaje puro de observación, quizá se llegue a elaborar alguno. Pero tres siglos después de Descartes nuestra esperanza de que se produzca esa eventualidad todavía depende exclusivamente de una teoría de la percepción y de la mente. Y la experimentación psicológica moderna está haciendo proliferar rápidamente fenómenos que esa teoría difícilmente puede tratar. El experimento gestáltico del pato-conejo muestra que dos hombres con las mismas impresiones en la retina pueden ver cosas diferentes; los lentes inversores muestran que dos hombres con impresiones diferentes en sus retinas pueden ver la misma cosa. La psicología proporciona una gran cantidad de otras pruebas semejantes, y las dudas que surgen de ellas son reforzadas por la historia de los intentos de lograr un lenguaje de observación efectivo. Ningún intento actual para lograr ese fin se ha acercado siquiera a un lenguaje de percepciones puras aplicable de manera general. Y aquellos intentos que más se han acercado comparten una característica que refuerza firmemente varias de las principales tesis de este ensayo.

Desde el principio presuponen un paradigma, tomado ya sea de alguna teoría científica actual o de alguna parte del discurso cotidiano, y luego tratan de eliminar de él todos los términos no-lógicos y no-perceptuales. En unos cuantos dominios del discurso este esfuerzo se ha llevado muy lejos y con resultados fascinantes. No se puede poner en duda que vale la pena realizar tales esfuerzos. Pero su resultado es un lenguaje que —como los que se emplean en las ciencias— incorpora una gran cantidad de expectativas sobre la naturaleza, y deja de funcionar en el momento en que se violan estas expectativas. Nelson Goodman establece precisamente esta idea al describir los objetivos de su *Structure of Appearance*: “Esafortunado que no se ponga en cuestión nada más [que los fenómenos que se sabe que existen]; ya que la noción de los casos ‘posibles’, de los casos que no existen pero podrían haber existido, está lejos de ser clara.”¹⁹ Ningún lenguaje que esté así restringido, es decir, a informar acerca de un mundo completamente conocido con anterioridad, puede producir meros informes neutrales y objetivos sobre “lo dado”. La investigación filosófica no ha producido todavía ni siquiera una muestra de lo que pudiera ser un lenguaje capaz de hacerlo.

En estas circunstancias podemos al menos sospechar que los científicos tienen razón, tanto en principio como en la práctica, cuando tratan al oxígeno y a los péndulos (y quizá también a los átomos y electrones) como ingredientes fundamentales de su experiencia inmediata. Como resultado de la experiencia incorporada en paradigmas de la raza, la cultura y, finalmente, de la profesión, el mundo del científico ha llegado a poblarse con planetas y péndulos, condensadores y minerales compuestos, y con otros cuerpos de ese estilo. En comparación con estos objetos de la percepción, tanto las lecturas del metro como las impresiones de la retina son construc-

¹⁹ N. Goodman, *The Structure of Appearance*, Cambridge, Mass., 1951, pp. 4-5. Vale la pena citar el pasaje más extensamente: “Si todos los residentes de Wilmington, y sólo ellos, que en 1947 pesaran entre 175 y 180 libras, tuvieran el pelo rojo, entonces ‘los residentes de Wilmington en 1947 que tuvieran el cabello rojo’ y ‘los residentes de Wilmington en 1947 que pesaran entre 175 y 180 libras’ podrían reunirse en una definición constructiva... La pregunta de si ‘hubiera podido haber’ alguien a quien se aplicara uno pero no el otro de los predicados, no tendría razón de ser... una vez que hubiéramos determinado que no había ninguna persona de ese tipo... ‘Esafortunado que no se ponga en cuestión nada más; ya que la noción de los casos ‘posibles’, de los casos que no existen pero podrían haber existido, está lejos de ser clara.”

tos elaborados, a los cuales la experiencia tiene acceso directo sólo cuando el científico lo dispone, de acuerdo con los propósitos de su investigación. Esto no quiere decir que, por ejemplo, los péndulos sean las únicas cosas que un científico puede ver cuando mira una piedra que se balancea colgada de una cuerda. (Ya hemos hecho notar que los miembros de otra comunidad científica podían ver piedras en caída obstaculizada.) Pero sí quiere decir que el científico que mira una piedra que se balancea no puede tener ninguna experiencia que sea, en principio, más elemental que la de ver un péndulo. La alternativa no es alguna visión hipotética “fija”, sino la visión a través de algún otro paradigma, que haga que la piedra que se balancea sea alguna otra cosa.

Todo esto puede parecer más razonable si recordamos otra vez que ni los científicos ni los legos aprenden a ver el mundo parte por parte, ni cosa por cosa. Excepto cuando todas las categorías conceptuales y de manipulación se encuentran preparadas de antemano —por ejemplo, para el descubrimiento de un elemento transuránico adicional o para la percepción visual de una casa nueva— tanto los científicos como los legos van conformando campos enteros a partir del flujo de la experiencia. El niño que transfiere la palabra ‘mamá’ de todos los humanos a todas las mujeres, y más tarde a su madre, no sólo está aprendiendo qué significa ‘mamá’ o quién es su madre. Simultáneamente, aprende algunas de las diferencias entre hombres y mujeres, así como también algo acerca del modo como todas las mujeres, excepto una, se comportarán con él. Sus reacciones, expectativas y creencias —de hecho, gran parte de su mundo percibido— cambian en consecuencia. Por lo mismo, los seguidores de Copérnico que le negaban al Sol su título tradicional de ‘planeta’, no estaban aprendiendo sólo el significado del término ‘planeta’ o lo que era el Sol. En lugar de ello, estaban cambiando el significado de ‘planeta’ para poder continuar haciendo distinciones útiles, en un mundo en el que todos los cuerpos celestes, no sólo el Sol, estaban siendo vistos de manera diferente que antes. Lo mismo se puede decir con respecto a cualquiera de nuestros primeros ejemplos. Ver oxígeno en lugar de aire deflogtizado, el condensador en lugar de la botella de Leyden, o el péndulo en lugar de la caída obstaculizada, era sólo una parte de un cambio integrado en la visión que tenían los científicos de muchos fenómenos relacionados, bien

de la química, de la electricidad o de la dinámica. Los paradigmas determinan al mismo tiempo grandes campos de la experiencia.

Sin embargo, sólo después de que la experiencia ha sido determinada en esa forma, es cuando se puede comenzar la búsqueda de una definición operacional o de un lenguaje de observación puro. El científico o filósofo que pregunta qué mediciones o impresiones de la retina hacen que el péndulo sea lo que es, ya debe ser capaz de reconocer un péndulo cuando lo vea. Si en lugar del péndulo ve la caída obstaculizada, ni siquiera podrá hacer su pregunta. Y si ve un péndulo, pero lo ve del mismo modo en que ve un diapasón o una balanza oscilante, no será posible responder a su pregunta. Al menos no podría contestarse en la misma forma, porque no sería la misma pregunta. Por consiguiente, aunque son siempre legítimas y a veces resultan extraordinariamente fructíferas, las preguntas sobre las impresiones de la retina o sobre las consecuencias de manipulaciones particulares de laboratorio presuponen un mundo subdividido ya de cierta manera, tanto perceptual como conceptualmente. En cierto sentido, tales preguntas son parte de la ciencia normal, ya que dependen de la existencia de un paradigma y reciben respuestas diferentes como resultado del cambio de paradigma.

Para concluir esta sección, pasaremos por alto, de ahora en adelante, las impresiones de la retina y limitaremos nuevamente nuestra atención a las operaciones de laboratorio que proporcionan al científico indicios concretos, aunque fragmentarios, de lo que ya ha visto. Ya hemos hecho notar varias veces uno de los modos en que esas operaciones de laboratorio cambian conforme cambian los paradigmas. Después de una revolución científica, muchas de las antiguas mediciones y manipulaciones se vuelven irrelevantes y son reemplazadas por otras. No se aplican las mismas pruebas al oxígeno que al aire deflogitizado. Pero los cambios de este tipo nunca son totales. Sea lo que sea lo que el científico pueda ver después de una revolución, sigue mirando al mismo mundo. Además, gran parte de su vocabulario y de sus instrumentos de laboratorio serán todavía los mismos que antes, aun cuando entonces los haya podido emplear de manera diferente. Como resultado de ello, la ciencia postrevolucionaria invariablemente incluye muchas de las mismas manipulaciones, llevadas a cabo con los mismos instrumentos y descritas en los mismos términos que empleaban sus predecesores

de antes de la revolución. Si las manipulaciones que perduraron han cambiado de alguna manera, ese cambio se deberá ya sea a su relación con el paradigma o a sus resultados concretos. Sostendré ahora, mediante la presentación de un último ejemplo, que estos dos tipos de cambios ocurren efectivamente. Examinando el trabajo de Dalton y de sus contemporáneos, descubriremos que una misma operación, cuando se aplica a la naturaleza a través de un paradigma diferente, puede convertirse en un indicador de un aspecto muy distinto de la regularidad de la naturaleza. Además, veremos que ocasionalmente la antigua manipulación, en su nueva función, dará diferentes resultados concretos.

A lo largo del siglo XVIII y parte del XIX, los químicos europeos creían, de manera casi universal, que los átomos elementales, que constituían a todas las sustancias químicas, se mantenían unidos por fuerzas de afinidad mutua. Un trozo de plata mantenía su cohesión debido a las fuerzas de afinidad entre los corpúsculos de plata (hasta que después de Lavoisier se consideró a esos corpúsculos como compuestos, ellos mismos, de partículas todavía más elementales). De acuerdo con la misma teoría, la plata se disuelve en ácido (o la sal común en agua) debido a que las partículas del ácido atraen a las de plata (o las partículas de agua a las de sal) más fuertemente que lo que se atraen entre sí las partículas de estas sustancias solubles. De la misma manera, el cobre se disuelve en la solución de plata, precipitando a la plata, debido a que la afinidad entre el cobre y el ácido es mayor que la afinidad entre el ácido y la plata. Una gran cantidad de otros fenómenos se explicaban de la misma manera. En el siglo XVIII la teoría de la afinidad selectiva era un paradigma químico admirable, utilizado ampliamente, y a veces con éxito, en el diseño y el análisis de la experimentación química.²⁰

Sin embargo, la teoría de la afinidad química trazó una línea de separación entre mezclas físicas y compuestos químicos, la cual dejó de ser familiar desde que se asimiló el trabajo de Dalton. Los químicos del siglo XVIII reconocían dos clases de procesos. Cuando una mezcla producía calor, luz, efervescencia o alguna otra cosa por el estilo, se consideraba que había tenido lugar una unión química. Por otra parte, si podían distinguirse a simple vista las partículas

²⁰ H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, 1930, pp. 34-68.

de una mezcla o podían separarse mecánicamente, se trataba sólo de una mezcla física. Pero en la gran cantidad de casos intermedios —sal en el agua, aleaciones, vidrio, oxígeno en la atmósfera, etc.— estos burdos criterios tenían muy poca utilidad. Guiados por su paradigma, la mayoría de los químicos consideraba todo este rango de casos intermedios como químicos, debido a que todos los procesos de los cuales consistía estaban gobernados por fuerzas del mismo tipo. La sal en el agua o el oxígeno en el nitrógeno eran ejemplos de combinaciones químicas, tanto como lo era la combinación producida por la oxidación del cobre. Los argumentos para considerar las soluciones como compuestos eran muy fuertes. La teoría de la afinidad estaba ella misma bien apoyada. Además la formación de un compuesto daba cuenta de la homogeneidad observada en una solución. Por ejemplo, si el oxígeno y el nitrógeno sólo estuvieran mezclados y no combinados en la atmósfera, entonces el gas más pesado, el oxígeno, se depositaría en el fondo. Dalton, quien consideró la atmósfera como una mezcla, nunca pudo explicar satisfactoriamente por qué no pasaba eso con el oxígeno. La asimilación de su teoría atómica creó en última instancia una anomalía en donde antes no existía.²¹

Se siente uno tentado a decir que los químicos que consideraban a las soluciones como compuestos diferían de sus sucesores sólo en una cuestión de definición. Puede ser que en un cierto sentido ése haya sido el caso. Pero ese sentido no es el que hace que las definiciones sean meras convenciones convenientes. En el siglo XVIII no se distinguían completamente las mezclas de los compuestos por medio de pruebas operacionales, y quizá no lo podrían haber sido. Incluso si los químicos hubieran buscado tal tipo de pruebas, habrían buscado criterios que hicieran a las soluciones compuestos. La distinción entre mezclas y compuestos formaba parte de su paradigma —parte de la manera en la que ellos concebían la totalidad de su campo de investigación— y como tal, era anterior a cualquier prueba particular de laboratorio, aunque no a la experiencia acumulada por toda la química.

Pero mientras se consideraba a la química de esta manera, los fenómenos químicos ejemplificaban leyes que diferían de aquellas

21. *Ibid.*, pp. 124-129, 139-148. Acerca de Dalton, véase Leonard K. Nash, *The Atomic-Molecular Theory*, "Harvard Case Histories in Experimental Science", Caso 4; Cambridge, Mass., 1950, pp. 14-21.

que surgieron con la asimilación del nuevo paradigma de Dalton. En particular, en tanto las soluciones seguían siendo compuestos, ninguna cantidad de experimentación química hubiera podido producir, por sí misma, la ley de las proporciones fijas. Al final del siglo XVIII era bien sabido que *algunos* compuestos contenían usualmente proporciones fijas relativas al peso de sus constituyentes. El químico alemán Richter había incluso hecho notar otras regularidades, ahora comprendidas en la ley de los equivalentes químicos, para ciertas categorías de reacciones.²² Pero ningún químico utilizó esas regularidades, excepto en recetas, y ninguno de ellos pensó en generalizarlas sino hasta finales de siglo. Dados los obvios contraejemplos, como el vidrio o la sal en agua, ninguna generalización fue posible sin el abandono de la teoría de la afinidad y sin una reconceptualización de los límites del dominio de la química. Esa consecuencia se hizo explícita al final del siglo en un famoso debate entre los químicos franceses Proust y Berthollet. El primero afirmaba que todas las reacciones químicas ocurrían en proporciones constantes, mientras que el segundo lo negaba. Cada uno reunió impresionante evidencia experimental en apoyo de su idea. Sin embargo, los dos hombres necesariamente mantuvieron un diálogo de sordos, y su debate no llegó a ninguna conclusión. Donde Berthollet veía un compuesto que podía variar en proporción, Proust sólo veía una mezcla física.²³ En este caso, ningún experimento ni cambio de convención definicional hubiera podido ser relevante. Los dos hombres estaban tan fundamentalmente en pugna involuntaria, como lo habían estado Aristóteles y Galileo.

Esta era la situación que prevalecía durante los años en que John Dalton emprendió las investigaciones que condujeron, finalmente, a su famosa teoría atómica química. Pero hasta las últimas etapas de esas investigaciones, Dalton no fue un químico ni se interesaba por la química. En cambio, era un meteorólogo que investigaba lo que para él eran problemas físicos de la absorción de gases por el agua y de agua por la atmósfera. En parte debido a que su preparación correspondía a otra especialidad diferente, y en parte debido

22. J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2a ed., Londres, 1951, pp. 161-163.

23. A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV (1910), pp. 1-16.

a su propio trabajo en esa especialidad, abordó esos problemas con un paradigma distinto del de sus contemporáneos químicos. En particular, consideraba la mezcla de gases o la absorción de un gas por el agua como un proceso físico en el cual las fuerzas de afinidad no desempeñaban ninguna función. Por consiguiente, la homogeneidad observada de las soluciones era un problema para él, pero un problema que pensó poder resolver si lograba determinar los tamaños y pesos relativos de las diversas partículas atómicas en sus mezclas experimentales. Para determinar esos tamaños y pesos, Dalton se volvió finalmente hacia la química, suponiendo desde el principio que, en el restringido rango de reacciones que él consideraba químicas, los átomos sólo podían combinarse uno-a-uno o en alguna otra proporción simple de números enteros.²⁴ Esta suposición natural le permitió determinar los tamaños y los pesos de partículas elementales, pero también convirtió a la ley de las proporciones constantes en una tautología. Para Dalton cualquier reacción en la que los ingredientes no entraran en proporciones fijas *ipso facto* no era un proceso puramente químico. Una ley que no hubiera podido establecerse experimentalmente antes de los trabajos de Dalton se convirtió, después de que éstos fueron aceptados, en un principio constitutivo que ningún conjunto de mediciones químicas hubiera podido trastornar. Como resultado de lo que quizá es nuestro ejemplo más completo de una revolución científica, las mismas manipulaciones químicas asumieron una relación con la generalización química muy diferente de la que habían tenido antes.

No es necesario decir que las conclusiones de Dalton fueron ampliamente atacadas cuando las anunció por primera vez. Berthollet, en particular, no se convenció nunca. Considerando la naturaleza del problema, no tenía por qué haberlo sido. Pero para la mayoría de los químicos, el nuevo paradigma de Dalton resultó convincente ahí donde el de Proust no lo había sido, pues tenía implicaciones más amplias e importantes que la de proporcionar solamente un criterio nuevo para distinguir entre mezclas y compuestos. Si, por ejemplo, los átomos sólo pudieran combinarse químicamente en proporciones simples de números enteros, entonces un nuevo examen de los datos químicos existentes debería mostrar ejemplos

²⁴ L. K. Nash, "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, XLVII (1956), 101-116.

tanto de proporciones múltiples como fijas. Los químicos dejaron de decir que los dos óxidos de, por ejemplo, el carbono, contenían 56% y 72% de oxígeno en peso; en lugar de ello dijeron que un peso de carbono se combinaría ya fuera con 1.3 o con 2.6 pesos de oxígeno. Cuando se registraron de este modo los resultados de las antiguas manipulaciones, saltaba a la vista una relación de 2 a 1; y esto ocurrió en el análisis de muchas reacciones bien conocidas, así como también en el de muchas otras nuevas. Además, el paradigma de Dalton hizo posible asimilar el trabajo de Richter y comprender toda su generalidad. También sugirió nuevos experimentos, principalmente los de Gay-Lussac sobre la combinación de volúmenes, y éstos dieron como resultado aún más regularidades, con las cuales los químicos no habían soñado siquiera. Lo que los químicos tomaron de Dalton no fueron nuevas leyes experimentales sino una nueva manera de practicar la química (Dalton mismo la llamó "nuevo sistema de filosofía química"), y esto resultó tan rápidamente fructífero que sólo unos cuantos de los químicos más viejos de Francia y la Gran Bretaña fueron capaces de resistirse.²⁵ Como resultado, los químicos llegaron a vivir en un mundo en el cual las reacciones se comportaban en una forma muy diferente de como lo habían hecho antes.

Mientras pasaba todo esto, tuvo lugar otro cambio típico y muy importante. En diversos lugares comenzaron a cambiarse los datos numéricos mismos de la química. Cuando Dalton comenzó a examinar la literatura química en busca de datos para apoyar su teoría física, encontró algunos registros de reacciones que se ajustaban, pero difícilmente hubiera podido evitar encontrarse con otros que no lo hacían. Por ejemplo, las propias mediciones de Proust acerca de los dos óxidos de cobre arrojaban una proporción en peso de oxígeno de 1.47 a 1, en lugar de la de 2 a 1 que exigía la teoría atómica; y Proust es justamente el hombre de quien podría haberse esperado que encontrara la proporción de Dalton.²⁶ Esto es,

²⁵ A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton", *Manchester Memoirs*, LV (1911), 1-10.

²⁶ Sobre Proust, véase Meldrum, "Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV (1910), 8. La historia detallada de los cambios graduales en las mediciones de la composición química y de los pesos atómicos no ha sido escrita todavía, pero Partington, *op. cit.*, proporciona muchas indicaciones útiles.

Proust era un buen experimentador, y su concepción de la relación entre mezclas y compuestos era muy cercana a la de Dalton. Pero es difícil hacer que la naturaleza se ajuste a un paradigma. De ahí que los enigmas de la ciencia normal sean tan desafiantes y también que las mediciones realizadas sin un paradigma conduzcan tan rara vez a alguna conclusión. Por consiguiente, los químicos no podían simplemente aceptar la teoría de Dalton con base en la evidencia, pues gran parte de ella todavía era negativa. En cambio, aun después de aceptar la teoría tuvieron que amoldar la naturaleza al nuevo paradigma, proceso que, de hecho, requirió el trabajo de casi otra generación. Cuando ese proceso concluyó, era diferente incluso el porcentaje de composición de compuestos bien conocidos. Los datos mismos habían cambiado. Este es el último de los sentidos en que estamos tentados a decir que después de una revolución los científicos trabajan en un mundo diferente.

PROBLEMAS DEL EMPIRISMO *

PAUL K. FEYERABEND

Mucha gente resuelve numerosas cuestiones siguiendo un espíritu de partido, no a partir del examen detallado de los problemas respectivos. En especial, todo lo que se hace pasar por empirismo tiene asegurada una amplia aceptación, no por sus méritos, sino porque el empirismo está de moda.

BERTRAND RUSSELL
The Philosophy of Bertrand Russell

I. INTRODUCCIÓN

[En este ensayo consideraré] una tesis que ha desempeñado un papel importante en la historia del empirismo. La tesis tiene una aplicación mucho más amplia de lo que sugeriría su primera y bastante técnica formulación. En pocas palabras, es la siguiente:

Supongamos que tenemos, en cierto campo, una teoría que ha sido confirmada en alto grado. Entonces, debemos sostener dicha teoría hasta que sea refutada, o al menos hasta que nuevos hechos indiquen sus limitaciones. Se debe posponer la construcción y el desarrollo de teorías alternativas en el mismo campo, hasta que ocurra tal refutación o limitación. Llamaremos *empirismo radical* a cualquier doctrina que incluya la tesis antes expuesta.

El empirismo radical es una doctrina *monista*. Requiere que en todo momento se use un solo conjunto de teorías consistentes entre sí. El uso *simultáneo* de teorías inconsistentes entre sí o, como lo llamaremos, el *pluratisimo teórico*, está prohibido.

Sostendré que la exigencia de un monismo teórico nos puede llevar a la eliminación de evidencia que podría ser crítica para la teoría que se defiende, disminuye el contenido empírico de esta

* Extractos tomados de "Problems of Empiricism", publicado en *Beyond the Edge of Certainty. Essays in Contemporary Science and Philosophy*, editado por Robert G. Colodny, University Press of America (1983). Traducción de Francisco Hernández Quiroz, revisión de Ana Rosa Pérez Ransanz y León Olivé. Se publica con autorización del autor.