

COMPRENDIENDO LOS PARADIGMAS DE KUHN A LA LUZ DE LA CIENCIA COGNITIVA

UNDERSTANDING KUHN'S PARADIGMS IN THE LIGHT OF COGNITIVE SCIENCE

Alexander Bird*

Resumen

En 1962 Thomas Kuhn publicó *La estructura de las revoluciones científicas* y, como consecuencia, el término 'paradigma' se convirtió en una expresión común entre los científicos. Sin embargo, no se ha entendido adecuadamente que Kuhn utilizó el término con una teoría de la cognición científica en mente que surge a partir del trabajo empírico en psicología. En cambio, en muchos círculos se consideró que Kuhn sostenía una visión irracionalista o escéptica de la ciencia. Me propongo articular la teoría de los paradigmas de Kuhn como teoría de *ejemplares* y mostrar cómo el trabajo en psicología y ciencia cognitiva después de la publicación de *La estructura* ofrece un respaldo a la teoría de Kuhn. Esta teoría merece un mejor reconocimiento y una investigación más profunda por parte de los científicos.

Palabras clave: racionalidad, ejemplar, cognición científica, analogía.

Abstract

In 1962 Thomas Kuhn published *The Structure of Scientific Revolutions* and as a result the term 'paradigm' has become common parlance among scientists. Yet it has not been properly understood that Kuhn used the term with a theory of scientific cognition in mind that was informed by empirical work in psychology. Instead, in many quarters, Kuhn was taken to be asserting an irrationalist or sceptical view of science. I articulate Kuhn's theory of paradigms as *exemplars* and show how work in psychology and cognitive science after *Structure's* pu-

* King's College London y Exeter College, Oxford, Inglaterra. E-Mail: alexander.bird@kcl.ac.uk

blication lends support to Kuhn's theory. That theory merits better recognition and further investigation by scientists.

Keywords: rationality, exemplar, scientific cognition, analogy

Recibido: 2019-12-30

Aceptado: 2020-02-05

La estructura de las revoluciones científicas de Thomas Kuhn (Kuhn 1962) fue uno de los libros académicos más influyentes del siglo XX. Si bien esa influencia ha sido más evidente en las humanidades y las ciencias sociales, sus efectos han permeado la conciencia de los mismos científicos. El término “paradigma” ahora forma parte del vocabulario científico, pero eso no era así antes del libro de Kuhn. En la década anterior a 1962, la palabra se usó, en promedio, en dos artículos publicados en *Science* cada año, mientras que en la quinta década después de la publicación de *La estructura* de Kuhn (es decir, hasta 2012 inclusive), el número promedio de artículos publicados anualmente empleando el término ‘paradigma’ fue de 105. Del mismo modo, en *Nature* no había artículos que usaran el término ‘paradigma’ en el año de publicación de *La estructura* y en ningún año durante la década de 1960 el número de artículos que emplearon el término excedió a 10. Posteriormente la frecuencia de uso creció, llegando a 101 artículos en 2000, permaneciendo en este nivel desde entonces. El patrón sigue siendo el mismo si usamos el término más común ‘teoría’ para controlar el cambio en los patrones de publicación: en la década que precedió 1962, ‘teoría’ se usó 383 veces más frecuentemente que ‘paradigma’ en *Science*; desde 2003 la proporción ha sido de 4.8; de manera similar, en *Nature*, la proporción ha caído de más de 300 a menos de 7.1.

Si bien ‘paradigma’ es ahora de uso común entre los científicos gracias al trabajo de Kuhn, no está claro que la mayoría de los científicos utilicen el término con el significado previsto por Kuhn -y creo que es improbable que lo hagan-. El uso del término por parte de Kuhn está asociado con una teoría de la cognición científica. Pero este hecho no ha sido adecuadamente entendido por muchos comentaristas. Como consecuencia, encontramos opiniones divergentes entre los científicos que están interesados en la filosofía de la ciencia. Por ejemplo, la reseña de Sir Peter Medawar, ‘March of Paradigms’, comenta favorablemente que “Kuhn tiene la dirección inconfundible de un hombre que, lejos de querer sumar puntos, está ansioso sobre todo por llegar a la verdad de los

asuntos” (Medawar 1978). Esto contrasta con la preocupación de Steven Weinberg: “Lo que me molesta en releer *La estructura* y algunos de los escritos posteriores de Kuhn son sus conclusiones radicalmente escépticas sobre lo que se logra en el trabajo de la ciencia” (Weinberg 1998). Weinberg continúa diciendo: “Para muchas personas, es la reinención de Kuhn de la palabra ‘paradigma’ lo que ha sido más útil o más objetable”, y a pesar de que Weinberg está menos molesto desde el punto de vista lingüístico por el término en sí, articula una concepción común de la teoría de los paradigmas de Kuhn:

Kuhn hizo que el cambio de un paradigma a otro pareciera más una conversión religiosa que un ejercicio de la razón. Argumentó que nuestras teorías cambian tanto en un cambio de paradigma, que es casi imposible para los científicos después de una revolución ver las cosas como se habían visto bajo el paradigma anterior. Kuhn comparó el cambio de un paradigma a otro con un cambio de gestalt.

La teoría de los paradigmas de Kuhn ha sido subestimada o mal entendida por varias razones. Dos de las razones principales son: primero que tal como se quejó Margaret Masterman (1970), no definió con precisión ‘paradigma’, utilizando el término en *La estructura* con una multiplicidad de sentidos (veintiuno según Masterman), y en segundo lugar, que Kuhn estaba intentando desarrollar una teoría empírica de la cognición científica, para la cual ni el terreno filosófico ni el científico estaban bien preparados. En este artículo clarifico la teoría de los paradigmas de Kuhn y explico por qué debería ser de interés para los científicos, como una teoría plausible acerca de sus procesos cognitivos y como una teoría que merece desarrollo científico a la luz de la ciencia reciente.

En respuesta a las críticas a *La estructura*, Kuhn aclaró sus intenciones con respecto a los paradigmas en la Posdata a la segunda edición. Explicó que había dos sentidos principales con los que usaba el término ‘paradigma’. Uno era más amplio, denotaba los supuestos, teorías, técnicas, vocabulario, valores, presuposiciones metafísicas compartidos por los miembros de una comunidad científica (aquellos que trabajan en un campo científico particular). Por ejemplo, hay una base de conocimiento y un conjunto de técnicas experimentales que uno esperaría que la mayoría de los citólogos compartieran. Estos serán diferentes (aunque superpuestos) del conocimiento y las técnicas compartidas correspondientes a la comunidad de neurocientíficos. Kuhn introdujo el término ‘matriz disciplinaria’ como un término menos ambiguo para este sentido de ‘paradigma’.

El segundo uso de ‘paradigma’ es más limitado y denota un elemento específico y fundamental de la matriz disciplinaria, para el cual Kuhn también usa el término ‘ejemplar’. Un ejemplar se compone de un problema científico ejemplar y su solución. Los científicos que trabajan en el mismo campo concordarán en los tipos de problemas científicos que son característicos de su trabajo y las formas apropiadas de resolver esos problemas. En gran parte, ese acuerdo estará asegurado por el hecho de que los ejemplos desempeñan un papel central en la educación de los científicos. En una etapa temprana de su educación, todos los físicos aprenderán a deducir las leyes de Kepler de las leyes de movimiento y gravitación de Newton o a derivar la ecuación de movimiento de un péndulo. En una etapa posterior, los estudiantes aprenderán, por ejemplo, cómo descomponer varias funciones periódicas comunes usando la serie de Fourier. Los movimientos realizados para resolver estos y otros problemas similares formarán la base de un cuerpo de técnicas que se convertirá en una segunda naturaleza para un físico. Lo mismo puede decirse respecto de las técnicas experimentales, como de las teóricas y matemáticas. La función principal de las prácticas de laboratorio no es proporcionar a los estudiantes evidencia de la teoría, sino capacitar al científico para que pueda implementar diversas técnicas experimentales que podrá utilizar, tal vez de forma modificada, a lo largo de su carrera.

Kuhn afirma que la ciencia es una cuestión de resolución de problemas (“rompecabezas”). Los ejemplares juegan un papel central en la explicación de la cognición científica, es decir, en cómo los científicos resuelven problemas. La capacitación con ejemplares permite a los científicos ver un problema novedoso como similar a un problema ejemplar y también utilizar la solución ejemplar para generar una solución al problema novedoso. Kuhn afirma que los científicos piensan analógicamente, aunque no sean conscientes de esto. Y, además, es el entrenamiento con ejemplares lo que permite al científico detectar una analogía apropiada. Por ejemplo, a un estudiante se le puede dar el problema de encontrar, en una primera aproximación, la ecuación de movimiento de un *flap* que vibra sin amortiguamiento. El estudiante puede tratar de resolver esto desde los primeros principios, lo que implicará la recapitulación de muchos movimientos familiares; o si tiene más experiencia, puede ver el problema como análogo al problema más familiar del péndulo.

Como cabría esperar, por lo tanto, la historia de la ciencia está repleta de ejemplos de pensamiento analógico, donde las soluciones de problemas existentes se adaptan a nuevos problemas. Por ejemplo, Maxwell vio que la distribución de velocidades moleculares es esencialmente

la misma que la distribución de errores. Como comenta el biógrafo de Maxwell, Basil Mahon, “como muchas de las ideas de James, esta surgió de la analogía” (Mahon 2004). También se puede citar la analogía entre campos de fuerza y mecánica de fluidos, y entre electromagnetismo y células rotatorias o vórtices. Al construir su teoría de la evolución por selección natural, Darwin se sorprendió por la capacidad de la selección artificial para proporcionar variedad y desarrollar rasgos en los animales domésticos. Los modelos y las analogías juegan una variedad de roles en la ciencia: pueden desempeñar un papel heurístico para estimular una idea o explicarla (por ejemplo, el sueño de Kekulé de una serpiente que se muerde la cola para la estructura del benceno o el modelo del sistema solar para el átomo). La función analógica de los ejemplares kuhnianos va más allá de esto. Desempeñan un papel en el establecimiento de un problema, en provocar una respuesta y en justificar la respuesta. El descubrimiento de Charles Augustin Coulomb de la ley homónima de la atracción electrostática es un buen ejemplo. En el contexto de la mecánica newtoniana y del éxito de la ley de gravitación de Newton, era natural para un físico confrontado con una fuente de fuerza no estudiada querer encontrar también su ley. Entonces el ejemplar de la gravitación genera el problema para la electrostática. Además, sugiere una solución: por analogía con la ley de Newton, una ley del cuadrado inverso naturalmente se sugiere por sí misma; de hecho, Coulomb no fue el primero en proponer una ley del cuadrado inverso. Franz Aepinus la había propuesto sin ninguna evidencia experimental y Charles Stanhope intentó una demostración que fue ampliamente aceptada a pesar de ser defectuosa. Coulomb empleó una balanza de torsión en su experimento, muy similar, aunque de diferente escala que la balanza de torsión ideada por John Michell y que Henry Cavendish usó “para pesar la Tierra”. El experimento de Coulomb no fue aceptado universalmente: otros científicos tuvieron dificultades para replicar sus resultados y algunos propusieron diferentes leyes sobre la base de los resultados utilizando el mismo aparato, y los estudiosos modernos difieren sobre si Coulomb realmente podría haber logrado los resultados que obtuvo (Heering 1992; Martínez 2006). Es evidente que, en lo que respecta a Coulomb y muchos de sus contemporáneos, el hecho mismo de la analogía con la ley de la gravitación jugó un poderoso papel probatorio.

Si los ejemplares juegan un papel tanto en proponer como en justificar soluciones a problemas científicos, entonces la ciencia no puede ser solo una cuestión de aplicar las leyes de la lógica a la evidencia o desplegar un método científico que sea general y algorítmico. Tal concepción de

la razón científica, encontrada en el trabajo de los positivistas lógicos, fue uno de los principales objetivos de Kuhn en *La estructura*. Kuhn no tenía la intención de rechazar la racionalidad de la ciencia; más bien estaba proponiendo una concepción alternativa de cómo puede funcionar la cognición racional y exitosa en la ciencia. Sin embargo, no es así como se ha entendido el trabajo de Kuhn. Como deja en claro la cita de Weinberg, muchos lo entendieron como si estuviera describiendo la ciencia de un modo que niega que implique el ejercicio de la razón. El uso de Kuhn de la analogía con los cambios de gestalt exacerbó esa percepción de que la ciencia kuhniana era irracional. Llevó a pensar que el cambio de ver un pato-conejo como un conejo a verlo como un pato difícilmente sea un ejercicio de la razón.

Los filósofos contemporáneos a Kuhn no pudieron apreciar adecuadamente la novedad y la importancia de su enfoque naturalista de la ciencia, esto es, la idea de que la ciencia misma puede ser investigada empíricamente. Para los filósofos de la tradición del empirismo lógico, incluido Popper, esa idea era en sí misma equivalente a la propuesta de que la ciencia es irracional: si la ciencia es racional, pensaron, entonces su racionalidad puede ser investigada por medios filosóficos *a priori*; esto sería una lógica de la ciencia (ejemplificada por el falsacionismo de Popper o la lógica inductiva de Carnap). En consecuencia, solo una ciencia irracional necesitaría una explicación a través de la historia o la psicología. Sin embargo, Kuhn sostuvo que la ciencia racional podría ser investigada por esos medios. La historia de la ciencia revela un patrón, la ciencia sufre revoluciones periódicas en las que algunas de las creencias más antiguas son abandonadas y reemplazadas, en lugar de ser simplemente modificadas. La psicología puede revelar los procesos cognitivos que explican este patrón cíclico de la ciencia normal y la ciencia revolucionaria: los científicos son guiados en la resolución de problemas por sus ejemplares compartidos hasta que esos ejemplares no puedan proporcionar soluciones a los problemas científicos de la comunidad, lo que lleva a una crisis y finalmente a la revolución.

Las características de los ejemplares que los hacen eficaces en la ciencia normal también causan que las revoluciones sean controversiales y disruptivas. La clave aquí es que los ejemplares causan que los científicos vean el mundo de una manera particular. Hacerlo les ayuda a resolver problemas, como hemos bosquejado anteriormente. Sin embargo, también puede hacer que los científicos no vean soluciones novedosas a problemas que no tienen precedentes, en particular que no vean soluciones que contravengan sus paradigmas. Del mismo modo, tales disposiciones

para ver el mundo de una manera particular pueden evitar que los científicos perciban fenómenos que no encuentran una explicación natural con los recursos del paradigma, o hace que los científicos descarten tales fenómenos. En otros casos, cuando los fenómenos anómalos no pueden ser ignorados, esas disposiciones producen disonancia cognitiva. Kuhn tuvo lo que consideró evidencia empírica indirecta de tales afirmaciones psicológicas. En *La estructura* se refirió a los experimentos realizados por sus colegas de Harvard Jerome Bruner y Leo Postman (Bruner & Postman 1949). Se mostró a los sujetos una serie de cartas durante períodos cortos (entre 10 y 1000 ms) y se les pidió que describieran lo que vieron. Entre las cartas, la mayoría de las cuales eran normales, había cartas incongruentes, por ejemplo, el cuatro de corazones pero con corazones negros, o el seis de picas con picas rojas. En promedio, los sujetos tardaron un tiempo cuatro veces mayor en identificar correctamente las cartas incongruentes. Los sujetos mostraron varias reacciones a tales cartas: *dominancia* (informan erróneamente que la carta es congruente, por ejemplo, el seis de picas rojo como un seis de corazones), *compromiso* (por ejemplo, informan erróneamente que la carta tiene un color intermedio, tal como púrpura o gris), *disrupción* (los sujetos informan de problemas en percibir o falta de confianza en sus percepciones) y *reconocimiento* (donde reconocen que la carta es incongruente).

Estos experimentos muestran que la forma en que percibimos los objetos depende de nuestra experiencia previa. Nuestro 'entrenamiento' con naipes correlaciona las formas de las pintas (o los palos) con los colores. Esto determina nuestras expectativas del mundo y distorsiona nuestra percepción de casos anómalos que violan esta correlación aprendida. Estos resultados son importantes por dos razones. Primero, socavan la visión del positivismo lógico de que la experiencia perceptiva puede proporcionar una base epistemológica y un árbitro neutral entre las teorías: si nuestras experiencias pasadas se correlacionan con nuestros compromisos teóricos, entonces la percepción no será neutral entre las teorías en competencia. Además, los resultados plantean la posibilidad de que la percepción pueda estar influenciada directamente por creencias arraigadas. En segundo lugar, los experimentos de Bruner y Postman proporcionan un modelo de la forma en que funcionan los paradigmas en general. La experiencia pasada, es decir, el entrenamiento con ejemplares, puede influir en la forma en que 'vemos' el mundo, en un sentido más amplio y no exclusivamente perceptivo de 'ver'. Kuhn da el siguiente ejemplo: un aristotélico mirando un péndulo y Galileo mirando un péndulo. El aristotélico ve el balanceo como la constreñida

búsqueda del estado de reposo natural; Galileo ve una oscilación que podría continuar indefinidamente. Es inverosímil pensar que los dos tienen percepciones diferentes. No obstante, el uso de ‘ver’ es apropiado. No sacan inferencias diferentes de sus teorías; más bien su entrenamiento les da disposiciones inmediatas para pensar directamente sobre el fenómeno de maneras muy diferentes. El aristotélico ve el cambio de movimiento desde la oscilación al reposo como el movimiento principal, y el balanceo es un ruido que oculta parcialmente ese hecho; para Galileo las cosas se invierten: el balanceo es la señal y la articulación es el ruido. La señal para un hombre es el ruido para otro hombre. Lo importante a tener en cuenta es el hecho de que son los *hábitos* intelectuales de los dos científicos los que son bastante diferentes; no es que hayan trabajado en sus teorías para llegar a tal conclusión. Existe esta diferencia relevante que se revela en investigaciones con estudiantes de física que muestran que si bien ellos conocen las leyes newtonianas y también creen en ellas, sus disposiciones generalmente están en desacuerdo con esas leyes. Estas disposiciones son de naturaleza más aristotélica, tal como se revela, por ejemplo, en sus descripciones cualitativas (Clement 1982; Nersessian 1989). Ellas cambian cuando los estudiantes universitarios se convierten en estudiantes de posgrado.

¿Qué es entonces lo que nos dice la analogía con los cambios de gestalt? La analogía nos dice que hay un elemento para el cambio científico revolucionario que no es una cuestión de ejercicio de la racionalidad, al menos si la racionalidad se concibe de cierta manera. Pero eso *no* quiere decir, como señalaron los críticos de Kuhn, y como está implícito en la cita de Weinberg, que Kuhn sostuvo que tal cambio es *irracional*. Si pensamos que la racionalidad requiere razonamiento consciente y secuencial, el seguimiento de reglas y cuestiones semejantes, no toda cognición es un ejercicio de racionalidad. Podemos contrastar la comprensión de una oración en el idioma nativo y la comprensión de una oración en un idioma extranjero que uno está aprendiendo. En el último caso uno aplica varias reglas de gramática que ha aprendido para decodificar las oraciones. El segundo implica el ejercicio de la racionalidad mientras que el primero no; pero ambos son igualmente casos de cognición. Del mismo modo, podemos contrastar al maestro de ajedrez que intuye la fuerza de una posición con el jugador menor que trabaja laboriosamente (como una computadora de ajedrez) a través de los diversos movimientos posibles. El último implica un ejercicio de racionalidad (en el sentido articulado anteriormente) mientras que el primero no; pero el primero no es un acto de cognición en ninguna medida menor.

Entonces, el uso de Kuhn de la analogía de la gestalt nos recuerda la posibilidad de una cognición que no es racional. La reivindicación central de Kuhn respecto a los paradigmas es que esta cognición no racional también juega un papel en la ciencia, a través de su capacidad de permitir a los científicos ver el mundo de una manera que conduzca a soluciones a sus problemas científicos. Cuando los paradigmas compartidos, sus ejemplares, cambien, entonces verán el mundo de manera diferente, y se harán evidentes diferentes soluciones. Eso es similar a un cambio de gestalt. De hecho, dado su interés en los mecanismos reales de cognición científica, Kuhn se preguntó si hay algo más que una analogía aquí. Quizás la capacidad de ver patrones es una característica fundamental y dominante de la cognición humana. Esta era una conjetura que Kuhn no estaba en condiciones de investigar.

La analogía del cambio de gestalt también enfatiza que el cambio revolucionario es holístico y no gradual. Para los psicólogos de la Gestalt, el objetivo teórico de las imágenes es refutar la idea de que la percepción visual se puede dividir simplemente en la percepción de los componentes de una escena visual: si esa afirmación reductora fuera cierta, solo se podría tener un tipo de experiencia de una imagen gestalt y el cambio de experiencia gestalt no debería ser posible. Volviendo a los cambios de paradigma, el punto de Kuhn es que la adquisición de un nuevo paradigma en una revolución científica no es un asunto incremental: hay elementos del nuevo paradigma que deben aceptarse en conjunto. Debe notarse que este holismo no significa que el cambio de paradigma sea completamente global, sin continuidad con lo anterior. Kuhn enfatiza la continuidad, pero algunos elementos del cambio tienen que ser aceptados juntos y no individualmente. Por ejemplo, uno no puede hacer la transición al paradigma newtoniano adoptando las leyes del movimiento de una en una. En la revolución química de Lavoisier, abandonar la teoría de la combustión del flogisto también requiere cambiar las listas de qué cosas son elementos (o principios) y cuáles son compuestos.

Por lo tanto, el uso que Kuhn hace de la psicología en *La estructura* no pretende implicar que la ciencia sea irracional. Este uso simplemente demuestra su interés en la psicología cognitiva de la ciencia. Los filósofos contemporáneos a Kuhn exigieron un vínculo estrecho entre cognición, lógica y racionalidad. Sin embargo, muchos procesos cognitivos no pueden reducirse a la lógica, por ejemplo, el reconocimiento de patrones. Pero eso no los hace irracionales. Aquí se puede tomar una decisión semántica: cualquiera puede decir que Kuhn ha demostrado que la ciencia cognitiva exitosa involucra centralmente procesos cogni-

tivos no racionales (pero no irracionales); o se puede decir que Kuhn ha demostrado que la racionalidad de la ciencia implica desplegar, además de procesos de pensamiento lógico, otros procesos de pensamiento que no pueden reducirse a la lógica.

El interés de Kuhn en la psicología cognitiva de la ciencia y sus implicaciones filosóficas fue revolucionario. Aunque tenía poca evidencia directa para avanzar. En *La estructura* dependía de dos tipos de evidencia. Primero fue la evidencia de la historia. Detectó un patrón en la historia de la ciencia: largos períodos de crecimiento acumulativo (ciencia normal) interrumpidos por períodos más cortos de ciencia disputada con cambios significativos, incluido el rechazo de creencias importantes previamente sostenidas (revoluciones científicas). Ese patrón tampoco podría explicarse por la concepción tradicional del progreso como simplemente acumulativo (implícita en gran parte de la visión positivista de la ciencia), ya que esa concepción no podía explicar las revoluciones científicas. Tampoco podría explicarse por el falsacionismo de Popper, ya que este último no podía explicar la ciencia normal. Kuhn sostuvo que el patrón se explica adecuadamente al pensar en la ciencia como gobernada por paradigmas. Hacer coincidir los problemas y las soluciones con los ejemplares explica el progreso de la ciencia normal. También explica el efecto disruptivo de las revoluciones científicas, ya que el reemplazo de un paradigma, como se mencionó anteriormente, no es un proceso acumulativo, sino que invoca el reemplazo holístico de varios componentes antiguos por varios componentes nuevos.

La segunda fuente de evidencia para las afirmaciones de Kuhn es la psicología empírica: los experimentos con naipes de Bruner y Postman y los resultados de los psicólogos de la Gestalt en particular. Pero esta evidencia es muy indirecta, y en el mejor de los casos sugestiva. No proporciona evidencia de que los científicos razonen con paradigmas, solo sugiere que el entrenamiento y la experiencia con paradigmas pueden hacer que los científicos perciban y conciban el mundo de una manera particular. No obstante, desde que Kuhn escribió *La estructura* ha habido avances que apoyan su teoría. En particular, ha habido un trabajo considerable para apreciar la importancia y la naturaleza de las diversas estructuras psicológicas que organizan la experiencia. Las secuencias de comandos, los marcos, y en particular los esquemas son los principales tipos de tal estructura. Lo que tienen en común es que se adquieren sobre la base de la experiencia y el aprendizaje y dirigen las expectativas, acciones, recuerdos, percepciones y pensamientos del sujeto. Los paradigmas pueden considerarse como particulares conjuntos sofisticados de

esquemas relacionados. Si bien los orígenes de la teoría de esquemas se encuentran en el trabajo de Piaget y fueron desarrollados en detalle por Frederic Bartlett (Bartlett 1932) en las décadas de 1920 y 1930, el dominio del conductismo en los Estados Unidos (y, a su debido tiempo, también en Gran Bretaña) condujo a que el trabajo de Bartlett fuera ignorado durante varias décadas. Por lo tanto, no es sorprendente que Kuhn no estuviera al tanto del trabajo de Bartlett, a pesar de su conocimiento entusiasta pero poco sistemático de la psicología. El desarrollo moderno de la teoría de esquemas se produce después de *La estructura*, con el trabajo de Minsky (1975), Anderson et al. (1977), Rumelhart (1980) y otros.

Razonar con paradigmas, al menos en la formación de los científicos, constituye un razonamiento analógico. Según la teoría de Kuhn, una de las habilidades que aprenden los jóvenes científicos es cómo ver un nuevo problema como similar a uno familiar, de modo que las técnicas, ecuaciones, etc., que se aplicaron a este último puedan aplicarse, *mutatis mutandis* al primero. Nuevamente, esta es un área en la que los psicólogos e investigadores de inteligencia artificial han progresado, pero solo después del trabajo de Kuhn en *La estructura* (Gentner 1983; Carbonell 1982). La mayor parte de este trabajo ha sido realizado por investigadores de IA en lugar de psicólogos, en particular con respecto a lo que se conoce como razonamiento basado en casos (RBC) (Schank et al. 1977; Watson & Marir 1994). El objetivo del RBC es proporcionar modelos computacionales mediante los cuales se hagan inferencias sobre un nuevo problema, razonando directamente a partir de una reserva de casos anteriores en los que los resultados ya se conocen: las soluciones antiguas se adaptan a los nuevos problemas. Este enfoque ofrece ciertas ventajas computacionales sobre los sistemas expertos. Si bien la investigación en RBC se realiza principalmente dentro de la IA, existe evidencia psicológica de que juega un papel en el razonamiento humano a partir de ejemplares (Goldin-Meadow et al. 1993). Los esquemas abstraen el conocimiento a partir de los ejemplares y el conocimiento abstraído se aplica a nuevos casos, mientras que en el RBC los ejemplares se aplican a los nuevos problemas directamente, sin un intermediario abstracto. Parece que ambos procesos juegan un papel en el razonamiento por analogía (Didierjean & Cauzinille-Marmeche 1998). Es una conjetura plausible que si Kuhn tiene razón, y si los ejemplares juegan en la ciencia el papel que él les atribuye, entonces ambos aspectos del pensamiento analógico se encuentran en la ciencia. También es plausible que inicialmente se haga hincapié en la aplicación directa de ejemplares, mientras que el uso repetido de ellos genera esquemas abstractos que los científicos más experimentados aplican habitualmente.

Mencioné anteriormente que la historia de la ciencia está repleta de casos de pensamiento analógico. Sorprendentemente, ha habido poca investigación en ciencia cognitiva acerca de la ciencia en sí misma. Sin embargo, además de la evidencia de la historia, ahora tenemos una investigación más detallada y sistemática por Kevin Dunbar y sus colegas (Dunbar 1996; Green et al. 2008). Dunbar estudió a los científicos *'in vivo'* al registrar sus reuniones de laboratorio y mostró cómo el uso de la analogía jugó un papel importante en su razonamiento. Por lo general, las analogías serían 'cercanas', por ejemplo el razonamiento sobre un organismo es modelado a partir del conocimiento de otro organismo análogo; pero a veces las analogías pueden ser más remotas. Se puede conjeturar que una característica de las revoluciones científicas es que los científicos prescinden de analogías cercanas cuando buscan una solución a un problema particularmente intratable y buscan modelos más distantes.

Cuando Kuhn escribió *La estructura*, la mayoría de los filósofos coincidían en que la psicología era irrelevante para las preguntas filosóficas sobre el razonamiento científico. En particular sostuvieron, siguiendo a Duhem (1914), que las analogías y los ejemplares no podían desempeñar un papel esencial en la ciencia. Mantener lo contrario sería declarar que la ciencia es irracional. Por lo tanto, para la mayoría de los filósofos, el trabajo de Kuhn implicaba irracionalismo sobre la ciencia, y esto se ha convertido en una respuesta común a Kuhn. Algunos, sin embargo, adoptaron una visión más amplia. Mary Hesse (Hesse 1963), por ejemplo, abogó por la opinión de N. R. Campbell según la cual la analogía es fundamental para el razonamiento científico (Campbell 1920), y en las décadas intermedias la filosofía de la ciencia se ha vuelto más naturalista, abierta a la relevancia del trabajo empírico para cuestiones filosóficas. Al mismo tiempo, los avances en psicología y en las ciencias cognitivas han arrojado luz sobre las proposiciones relativas al razonamiento y la ciencia que en el trabajo de Kuhn estaban en un plano más bien conjetural. A la luz de ambos desarrollos, los filósofos han comenzado a mostrar cómo este trabajo científico ilumina las afirmaciones de Kuhn (Nickles 2003; Bird 2007). A la inversa, leer *La estructura* como un trabajo de temprana ciencia cognitiva de la ciencia misma provocará preguntas relacionadas, por ejemplo, con el cambio científico revolucionario y la inconmensurabilidad, que los investigadores actuales en cognición científica pueden encontrar gratificante abordar*.

* Traducción de Pablo Melogno y Julio Torres Meléndez

Referencias bibliográficas

- Andersen, H., Barker, P. & Chen, X. (2006). *The Cognitive Structure of Scientific Revo-lutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Anderson, R. C., Reynolds, R. E., Schallert, D. L. & Goetz, E. T. (1977). "Frameworks for comprehending discourse". *American Educational Research Journal* 14: 367–81.
- Bareiss, E. R., Porter, B. W. & Wier, C. C. (1988). "Protos: an exemplar-based learning apprentice". *International Journal of Man-Machine Studies* 29: 549–61.
- Bartlett, F. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bird, A. (2005). "Naturalizing Kuhn". *Proceedings of the Aristotelian Society* 105, 109–27.
- (2007). "Incommensurability naturalized". In Soler, L., Sankey, H. & Hoyningen-Huene, P. (eds.) *Rethinking Scientific Change and Theory Comparison*, vol. 255 of Boston Studies in the Philosophy of Science, 21–39. Dordrecht: Springer.
- Blanchette, I. & Dunbar, K. (2000). "How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity". *Memory and Cognition* 29: 730–5.
- Bruner, J. S. & Postman, L. (1949). "On the perception of incongruity: A paradigm". *Journal of Personality* 18: 206–23.
- Campbell, N. R. (1920). *Physics, the Elements*. Cambridge: Cambridge University Press,
- Carbonell, J. G. (1982). "Learning by analogy: formulating and generalizing plans from past experience". Tech. Rep. 2442, Carnegie Mellon University, Computer Science Department.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Gunstone, R. F. (1982). "Cognitive research and the design of science instruction". *Educational Psychologist* 17: 31–53.
- Clement, J. (1982). "Students' preconceptions in elementary mechanics". *American Journal of Physics* 50: 66–71.
- Didierjean, A. & Cauzinille-Marmeche, E. (1998). "Reasoning by analogy: Is it schema-mediated or case-based?" *European Journal of Psychology of Education* 13: 385–98.
- Duhem, P. (1914). *La théorie physique. Son objet et sa structure* (Paris: Chevalier et Riviere, 1914), 2nd enlarged edn. (Reissued, Vrin, 1981). Translated P. Wiener. *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton NJ: Princeton University Press, 1954.

- Dunbar, K. (1996). "How scientists really reason". In Sternberg, R. & Davidson, J. (eds.) *The Nature of Insight*, 365–95. Cambridge, MA: MIT Press.
- (1999). "How scientists build models: In vivo science as a window on the scientific mind". In Magnani, L., Nersessian, N. J. & Thagard, P. (eds.) *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, 85–99. New York, NY: Kluwer/Plenum.
- Falconer, I. (2004). "Charles Augustin Coulomb and the fundamental law of electrostatics". *Metrologia* 41: S107–S114.
- Gentner, D. (1983). "Structure-mapping: A theoretical framework for analogy". *Cognitive Science* 7: 155–70.
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H. C., Garber, P. & Church, R. B. (1993). "Transitions in learning: Evidence for simultaneously activated strategies". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 19: 92–107.
- Green, A. E., Fugelsang, J. A., Kraemer, D. J. M. & Dunbar, K. N. (2008). "The micro-category account of analogy". *Cognition* 106: 1004–16.
- Heering, P. (1992). "On Coulomb's inverse square law". *American Journal of Physics* 60: 988–94.
- (1994). "The replication of the torsion balance experiment: The inverse square law and its refutation by early 19th-century German physicists". In Blondel, C. & Dörries, M. (eds.) *Restaging Coulomb. Usages, Controverses et Répliques autour de la Balance de Torsion*. Vol. IV of *Biblioteca di Nunciatus*, 47–66. Florence: Leo S. Olschki.
- Hesse, M. B. (1963). *Models and analogies in science*. London: Sheed and Ward.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mahon, B. (2004). *The Man Who Changed Everything: The Life of James Clerk Maxwell*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Martínez, A. (2006). "Replication of Coulomb's torsion balance experiment". *Archive for History of Exact Sciences* 60: 517–63.
- Masterman, M. (1970). "The nature of a paradigm". In Lakatos, I. & Musgrave, A. (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge*, 59–89. Cambridge: Cambridge University Press.
- Medawar, P. B. (1978). "March of paradigms. Review of *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* by Thomas S. Kuhn, University of Chicago Press: Chicago and London, 1978". *Nature* 273, 575.

- Minsky, M. (1975). "A framework for representing knowledge". In Winston, P. (ed.) *The Psychology of Computer Vision*, 211–77. New York: McGraw–Hill.
- Nersessian, N. (2003). "Kuhn, conceptual change, and cognitive science". In Nickles, T. (ed.) *Thomas Kuhn*, 179–211. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1989). "Conceptual change in science and in science education". *Synthese* 80: 163–83.
- Nickles, T. (2003). "Normal science: From logic to case-based and model-based reasoning". In Nickles, T. (ed.) *Thomas Kuhn*, 142–77. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rumelhart, D. (1980). "Schemata: The building blocks of cognition". In Spiro, R., Bruce, B. & Brewer, W. (eds.) *Theoretical Issues in Reading and Comprehension*, 33–58. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schank, R. C. & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, Plans, Goals, and Understanding: An Inquiry into Human Knowledge Structures*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Watson, I. & Marir, F. (1994). "Case-based reasoning: A review". *The Knowledge Engineering Review* 9: 327–54.
- Weinberg, S. (1998). "The revolution that didn't happen". *The New York Review of Books* 48–52.
- Winston, P. H. (1980). "Learning and reasoning by analogy". *Communications of the ACM* 23: 689–703.