

APROXIMACIÓN A LOS PROCESOS DE CREATIVIDAD CIENTÍFICA

Oscar Barberá Marco

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València.

INTRODUCCIÓN

El método científico (figura 1) es el instrumento principal, y casi único, que posee el enseñante para poder explicar a los estudiantes, que se inician en el aprendizaje de las ciencias, los procesos que siguen, y han seguido, la mayoría de los científicos cuando investigan un determinado problema. Aunque este método realmente relata la forma de trabajar de los hombres de ciencia, queda un aspecto que no contempla: ¿Cómo se decide un investigador sobre que clase de datos recoger, o que problema en particular estudiar?. El método científico no nos dice nada en

absoluto acerca de como llegar a su primera premisa, la recogida de datos.

El fenómeno previo al desarrollo del método científico es lo que podemos llamar creatividad científica. Este concepto no se contempla normalmente en ningún *curriculum* de ciencias, ya que se limitan a presentar a los estudiantes una serie de hechos que forman un cuerpo de doctrina, junto con un método particular de relacionarlos entre sí y las técnicas específicas que se usan para recolectar datos en un determinado campo científico. El resultado de esto puede llevar a la formación de una persona competente en una determinada área de conocimiento, pero a la vez poco flexible y creativa en esa misma área. Creo que es

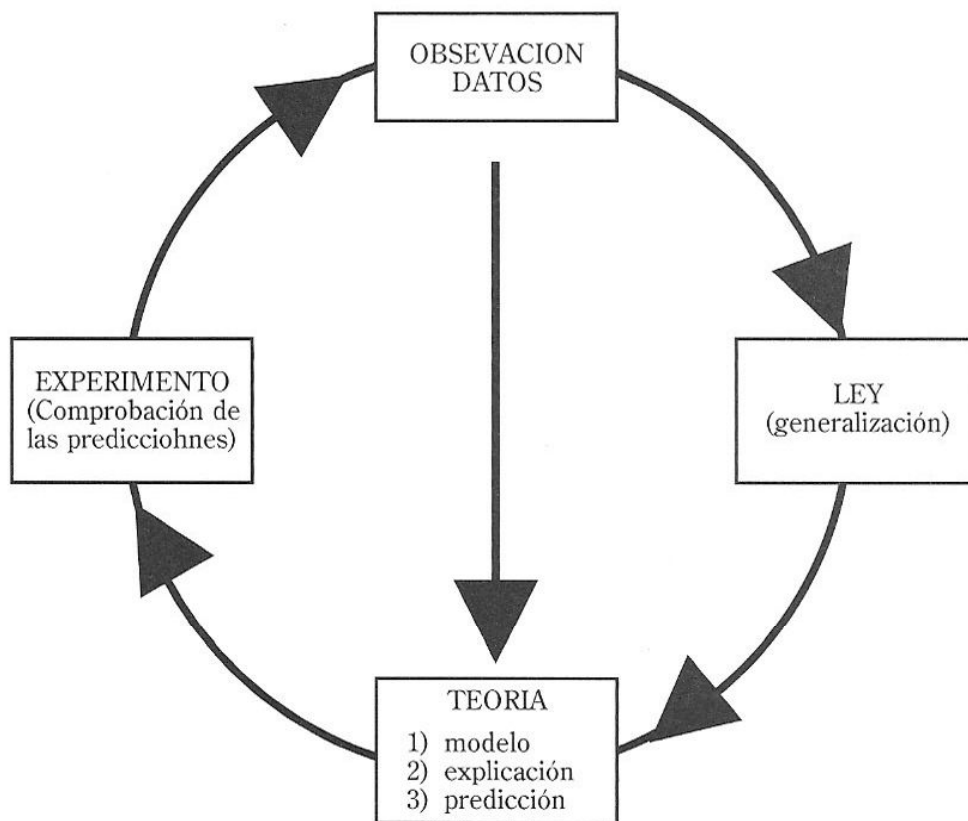


FIGURA 1
(Tomado de Rusell, 1985)

papel del educador el dar a conocer, junto con los conocimientos propios de cada área, los métodos que se han seguido para enunciar las distintas teorías y leyes que forman parte del conocimiento científico.

MÉTODOS DE ACCESO A LOS PROCESOS CREATIVOS

a) Método iterativo

De forma general, se puede decir que existen tres métodos básicos mediante los cuales los científicos toman la decisión de examinar determinados problemas, o de formular soluciones para problemas existentes. El primero de ellos es el más sencillo de comprender; se basa en que a partir de hipótesis ya desarrolladas previamente, aparecen nuevas hipótesis relacionadas. Aquí, la recogida de datos puede convertirse en rutinaria, y se encuentra sujeta a la capacidad del investigador para diseñar nuevas y apropiadas experiencias. Este tipo de creatividad es el único que aparece, aunque de forma poco explícita, en los *currícula*, y un ejemplo de su aplicación es el de la sucesiva enunciación de las distintas teorías atómicas de la materia, desde los antiguos pensadores griegos Demócrito y Leucipo, hasta la actual mecánica cuántica. Así, nuevas experiencias tales como el estudio de las trayectorias de las partículas _ disparadas contra láminas delgadas de diferentes materiales, arrojaron resultados alarmantes para las teorías existentes en la época; Rutherford, artífice de estas experiencias, y pensando en términos del modelo atómico de Thomsom (1898) vigente en ese momento, concluyó que este modelo no daba la clave para explicar las repulsiones que se observaban, y que por tanto debía de ser erróneo; retomó una idea de 1904, propuesta por el físico japonés H. Nagaoka, y así surgió la teoría del átomo con estructura planetaria. Este nuevo modelo presentó, una vez más, incongruencias con la física clásica, ya que ésta no permitía la idea de un átomo planetario no colapsante, y Niels Bohr realizó un primer intento por desarrollar un modelo atómico no clásico, base de nuestro conocimiento actual en este campo (Russell, 1985). De esta forma, unos modelos se superponen a otros a la luz de nuevas experiencias que demuestran la vulnerabilidad de las teorías propuestas, dando lugar, de forma

iterada, a otras nuevas y capaces de verificar los hechos observados.

b) Inspiración científica

Un segundo método es lo que podemos llamar intuición, imaginación o, incluso, inspiración científica. Esta forma de descubrimiento es más complicada de entender, e incluso de aceptar, y es francamente difícil de introducir en un *currículum* de ciencias. No obstante, creo que es muy interesante darla a conocer al estudiante. El ejemplo más claro de esta modalidad es el de August Kekulé (1829-1896), investigador que relata, cerca del final de su vida (1890), una serie de sueños que le llevaron a postular la naturaleza tetravalente de los átomos de carbono (1858), su capacidad para formar cadenas (1865), y la estructura de la especie química conocida como benceno (1865) (Benfey, 1958). Se ha creado una fuerte polémica acerca de la credibilidad que se le puede dar a los relatos de Kekulé y, en su contra, se utiliza el argumento de que el ilustre químico no publicó sus sueños al mismo tiempo que las teorías que en ellos se le revelaron. En mi modesta opinión, si ya sus teorías fueron ampliamente criticadas en su época, al haberlas aderezado con el relato de sus correspondientes sueños, no habría encontrado ningún editor que las hubiera aceptado en su revista. De todas formas, lo que realmente subyace en esta polémica no es el juicio sobre la veracidad de los relatos de Kekulé, sino la cuestión de si pueden aparecer ideas científicas válidas en un estado de somnolencia, y la amplitud del papel de la intuición no deductiva y de la imaginación en el avance de la ciencia. Este tema ha sido tratado por dos científicos británicos (Brown y Luckcock, 1978), que discuten la importancia de los golpes de ingenio que pueden aparecer en sueños, estados somnolientos o durante paseos campestres.

Además del caso de Kekulé, existen otros muchos ejemplos documentados sobre este tipo de fenómenos. El premio Nobel austriaco Otto Loewi (1873-1961) publicó dos relatos (1953, 1960) concernientes al sueño que fue origen de su descubrimiento de la transmisión química del impulso nervioso (1921). En ellos cuenta como en las primeras horas del día se despertó con una idea clara para realizar una experiencia que resolvería un problema fundamental en neurofisiología, cuestión en la que, curiosamente, no estaba conscientemente interesado en ese momento. Tomó unas notas sobre la brillante idea y durmió

de nuevo. El mismo Loewi recuerda el siguiente día como “el más desesperado de toda su vida científica”, ya que no fue capaz de descifrar las torpes notas que había tomado, ni de recordar los detalles de lo que el llamó más tarde “un sencillo experimento”. No obstante, la idea genial le retornó la siguiente noche, y evitando correr riesgo alguno, se levantó de madrugada, se dirigió a su laboratorio y realizó la experiencia, de forma que cuando llegaron sus colaboradores a las ocho de la mañana para comenzar su jornada laboral, ya había sido concluida con éxito. Al igual que en el caso de Kekulé, la publicación de estos dos sueños reveladores, no la efectuó hasta años después de producirse, aunque existen numerosos testimonios de gente, entre los que se cuentan familiares y colaboradores suyos, que le oyeron contar esta misma historia durante más de veinte años (Weiss y Brown, 1987). Otro ilustre soñador ha sido Charles Goodyear (1800-1860), que aunque su descubrimiento de la vulcanización del caucho (1839) se describe como accidental en numerosos textos, hay evidencias que apoyan la idea de que tuvo un sueño o revelación en el que se le indicó que probase con el azufre (Brown y Luckcock, 1978). También Charles Darwin (1809-1882) escribió en una carta a un amigo, que su teoría de la evolución le apareció como “un golpe repentino de intuición” (Lenox, 1985). Creo que no deben quedar dudas acerca de la importancia de este curioso fenómeno en el avance científico, y no hay que olvidar que tras el sueño o la revelación, existen numerosas horas de estricto trabajo científico, tal y como resumió Kekulé en su famosa frase: “Soñemos, caballeros, quizá así encontremos la verdad ... pero cuidémonos de publicar nuestros sueños hasta que hayan sido probados por el conocimiento despierto”.

c) Descubrimiento fortuito

El tercer y último método, que ha sido de gran importancia e interés para los científicos, es el del descubrimiento fortuito o por serendipidad. Horace Walpole fue el primero en acuñar el término “serendipidad” después de leer un cuento titulado “Los tres Príncipes de Serendip”. Serendip es el nombre antiguo que recibía Ceilán, y los Príncipes del cuento, según Walpole, continuamente hacían descubrimientos por casualidad. Robert K. Merton aplicó esta palabra al descubrimiento científico accidental, y desde entonces forma parte del vocabulario común de las publicaciones científicas (Lenox, 1985). Quizá el caso

más conocido de serendipidad en la ciencia sea el descubrimiento de la penicilina por Sir Alexander Fleming (1881-1955), que le valió el premio Nobel de Medicina en 1945, junto a Sir Howard W. Florey y Ernest B. Chain. Todos conocemos la historia de la contaminación fortuita de un cultivo bacteriano por el hongo *Penicillium notatum*, y el buen hacer científico de Fleming y sus colaboradores al enfrentarse con lo que en aquel momento era solo una curiosidad, y que hoy conocemos como el importantísimo fenómeno de la antibiosis.

La Historia de la Ciencia está repleta de otros muchos descubrimientos fortuitos. Louis Pasteur (1822-1895) comenzó su andadura científica en el campo de la química, concretamente en la cristalografía, y fue el primero en resolver una mezcla racémica en sus componentes enantioméricos, al separar mecánicamente cristales disimétricos (imágenes especulares) de tartrato de sodio y amonio formados al evaporarse el agua de una disolución de dicha sal (1848). Fue, por tanto, el descubridor del fenómeno que hoy se conoce como isomería óptica. Pero si Pasteur hubiese trabajado en otro lugar más cálido que París, o incluso en otra época del año, no se habría encontrado con la mezcla de cristales disimétricos de tartrato de sodio y amonio, ya que a temperaturas superiores a 28°C cristaliza como un compuesto único que no puede resolverse de forma mecánica en sus enantiómeros (McMurry, 1984). Wilhelm K. Röntgen (1845-1923) descubrió los rayos X (1895) por la observación accidental de un fenómeno de luminiscencia en una pantalla recubierta de material fluorescente, que se encontraba en las inmediaciones de un tubo de Crooke. A. Henri Becquerel (1852-1908) descubrió el fenómeno de la radiactividad del uranio (1906), cuando unas sales de este elemento impresionaron accidentalmente unas placas fotográficas protegidas de la luz. Alessandro Volta (1745-1827) ideó la pila que lleva su nombre, basándose en una experiencia casual de Luigi Galvani (1737-1798) sobre la contracción muscular que lleva su nombre. Sir William H. Perkin (1838-1907) sintetizó por primera vez un colorante, el malva de Perkin (1856), a partir de una reacción que fracasó para su propósito original. Henrik C. P. Dam recibió el premio Nobel en 1943, junto con Edward A. Doisy, por su descubrimiento y aislamiento casual de la vitamina K. La lista de eventos científicos de gran relevancia basados en la casualidad es tan amplia que parece interminable.

SERENDIPIDAD Y EDUCACIÓN

Centrémonos en este último proceso acerca del descubrimiento fortuito, ya que si ha sido tan importante en las ciencias de la Naturaleza, ¿porqué no intentar introducirlo en un *curriculum*, de tal forma que permita a los estudiantes desarrollar una mayor capacidad para reconocer la importancia de la observación de los hechos casuales? (Lillo, 1983).

El primer concepto que podemos desarrollar en el alumno para reforzar su preparación en este punto, es el de hacer y anotar observaciones. La mayoría de los educadores están de acuerdo en que es preciso habituar a los estudiantes a observar y anotar los distintos fenómenos naturales, pero se hace poco hincapié en esto, especialmente en los cursos elementales. El lugar en donde debe desarrollarse esta capacidad es el laboratorio. Uno de los problemas del trabajo en el laboratorio es lo que se conoce comúnmente como "recetas". Cuando se le proporciona al alumno un cuadernillo en el que se detallan las experiencias que ha de llevar a cabo en su periodo de prácticas, se está limitando su capacidad de observación, y normalmente se limita a ver y comprobar, pero no a observar. Se puede resolver este problema si el alumno es el que lleva su propio cuaderno de laboratorio, lo que le obligará a decidir que es lo que debe anotar, y le forzará a adoptar una actitud crítica y una observación cuidadosa. El profesor no debe buscar en estos cuadernos de laboratorio de los alumnos únicamente la respuesta correcta, sino también la forma en que se ha llegado a ella, e incluso en los casos en que la solución sea incorrecta, los razonamientos utilizados (Salas, 1983; Cañal y Porlán, 1987; Miller y Driver, 1987). En todos los laboratorios de ciencias se pueden diseñar experiencias que enseñen al alumno a observar.

Un ejercicio preliminar para este entrenamiento puede ser el colocar un determinado objeto en una caja opaca y cerrada, y animar al alumno a que descubra su naturaleza. Deben plantearse preguntas acerca de su peso, si se desliza con facilidad en el interior de la caja, si su forma es regular, etc. Forzando al alumno a buscar métodos de obtención de datos y a extraer de éstos información útil, se le puede convencer de que es capaz de resolver problemas de forma creativa (Lenox, 1985).

Otra forma de desarrollar este tipo de capacidades en los estudiantes, es el de introducirlos en

algún tipo de programa estructurado como un programa real de investigación, en el que el desarrollo de sus propias ideas sea el fin a perseguir. Debe tenerse en cuenta que el descubrimiento de un hecho ya conocido siguiendo otro camino de razonamiento, puede ser tan interesante para el alumno como el encontrar algo completamente nuevo para él (Sánchez, 1985). El éxito en este tipo de trabajo dependerá totalmente del estudiante, de su capacidad de esfuerzo, poder de observación y pericia. Naturalmente, deben encontrarse los alumnos continuamente asistidos por su profesor durante este periodo, y una forma de implicar al alumno en su propio trabajo consiste en leer su cuaderno de anotaciones en la clase, manteniendo una conversación abierta acerca no sólo de lo que ha hecho, sino también de como ha llegado a la conclusión de lo que debía hacer (Bodner, 1986).

Un concepto íntimamente ligado al descubrimiento fortuito, y a la metodología científica en general (Gil 1986), es el de flexibilidad de pensamiento, pero no serviría de nada sin una preparación conceptual rigurosa a la hora de enfrentarse con un problema (Coll y Solé, 1987). Ya Pasteur apuntó: "En el campo de la observación, el azar favorece únicamente a los espíritus preparados" (Lenox, 1985). Debe acostumbrarse al alumno a leer literatura científica, y a criticarla. Asimismo, se le deben proporcionar seminarios en los que se profundice algún tema en concreto, no tanto por el interés intrínseco de éste, sino por dar a conocer la amplitud de la ciencia y su actual estado de especialización. Todo esto implica que el profesor debe ser un muy activo participante en el proceso científico (Stenhouse, 1984; Porlán, 1987; Bromme, 1988), debe ser capaz de formular y resolver problemas de su propia disciplina, debe leer literatura científica y compartirla con sus alumnos en la clase. En definitiva, debe ser un modelo de insaciable curiosidad científica.

BIBLIOGRAFÍA

- Benfey, O.T. 1958. August Kekulé and the Birth of the Structural Theory of Organic Chemistry in 1858. *Journal of Chemical Education* 35, 21-23.
- Bodner, G.M. 1986. Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education* 63, 873-878.
- Bromme, R. 1988. Conocimientos profesionales

- de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias* 6, 19-29.
- Brown, R.A. y Luckcock, R.G. 1978. Dreams, Daydreams and Discovery. *Journal of Chemical Education* 55, 694-696.
- Cañal, P. y Porlán, N. 1987. Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias* 5, 89-96.
- Coll, C. y Solé, I. 1987. La importancia de los contenidos en la enseñanza. *Investigación en la Escuela* 3, 19-27.
- Gil, D. 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: una relación controvertida. *Enseñanza de las Ciencias* 4, 111-122.
- Lenox, R.S. 1985. Educating for the Serendipitous Discovery. *Journal of Chemical Education* 62, 282-285.
- Lillo, J. 1983. Como fomentar los principios de actividad y creatividad al aplicar el método científico en la Escuela. Un ejemplo para la formación de maestros. *Enseñanza de las Ciencias* 1, 189-199.
- McMurry, J. 1984. Organic Chemistry. Brooks/Cole Publishing C., Monterey, California, U.S.A.
- Millar, R. y Driver, R. 1987. Beyond Processes. *Studies in Science Education* 14, 33-62.
- Porlán, R. 1987. El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la Escuela* 1, 63-70.
- Russell, J.B. 1985. Química General. McGraw-Hill Pub.
- Salas, H. 1983. Conceptos o procesos. *Enseñanza de las Ciencias* 1, 109-115.
- Stenhouse, L. 1984. Investigación y desarrollo del curriculum. Ed. Morata, Madrid.
- Weiss, U. y Brown, R.A. 1987. An Overlooked Parallel to Kekule's Dream. *Journal of Chemical Education* 64, 770-771.