

## LAS ANALOGÍAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

**Benigno Martín González González**

**Teodomiro Moreno Jiménez**

GRUPO BLAS CABRERA FELIPE – GITEP. DPTO. DE DIDÁCTICAS ESPECIALES. CENTRO SUPERIOR DE EDUCACIÓN. UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, TENERIFE, ESPAÑA.

Palabras clave: Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Aprendizaje significativo.

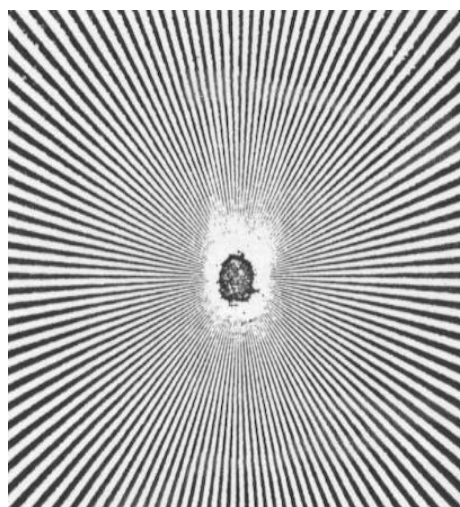
**Resumen.** *En esta comunicación hacemos una breve revisión bibliográfica sobre el papel de las analogías en la construcción del conocimiento científico y su posible incidencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Si bien son numerosas y conocidas desde hace tiempo propuestas concretas de analogías para explicar o desarrollar determinados conceptos científicos, son más recientes los estudios centrados sobre el papel que éstas desempeñan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.*

El uso de “técnicas de abstracción” tales como analogías, imaginación, experimentos imaginarios y análisis de casos límite han jugado un papel central en la construcción de nuevas representaciones científicas y en la comunicación de las mismas a otros dentro de la comunidad científica. Dado este reconocido papel de las analogías en el desarrollo del conocimiento científico, uno se cuestiona hasta que punto las analogías son fundamentales en el aprendizaje científico para la construcción del conocimiento.

Posner y col. (1982) señalan que las analogías y las metáforas constituyen instrumentos “para sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles”. En la misma línea, Osborne y Freyberg (1985) sugirieron que las analogías son una herramienta que los profesores podrían usar, además de la experimentación y la demostración, para acrecentar la inteligibilidad y plausibilidad de las explicaciones.

Para ilustrar esto, mostramos a continuación una analogía de las denominadas pictóricas, que pretende que el alumno “visualice” los electrones en movimiento en los orbitales atómicos que están en torno al núcleo, mediante una ilusión óptica:

Bard, J.R. Journal of Chemical Education



Ogborn y Martins (1996) afirman que las metáforas y analogías constituyen un aspecto esencial en el proceso de formación mental de las representaciones del mundo que nos rodea y de las inferencias que se pueden establecer entre ellas. Una metáfora es efectiva cuando existe una interacción entre los componentes *término* y *análogo*. Por ejemplo, en la metáfora “un virus es un intruso invisible”, el término “virus” no debe ser similar, pero tampoco demasiado diferente, del análogo “intruso invisible” para que la metáfora sea efectiva.

Thiele y Treagust (1995) señalan que las metáforas sugieren caminos interesantes para imaginar cosas. Cuando usamos símbolos en la instrucción y descripción de procesos y entes invisibles hacemos uso de un proceso de visualización que ayuda a la comprensión: proceso analógico.

Los estudios de Treagust y col. y de Brown y Clement (1989) muestran que las analogías proporcionan a los estudiantes medios para desarrollar sus ideas de una manera revisionaria con la analogía como punto de referencia para inspeccionar la plausibilidad de su explicación o conjetura inicial. Los estudios de aula de Dupin y Johsua (1989) y Treagust y col., empleando diseños cuasiexperimentales usando grupos de control y experimentales, mostraron que los estudiantes en cuya enseñanza estaba presente la analogía obtuvieron mejores resultados en los tests y entrevistas. Estos hallazgos apuntan a que las analogías contribuyen positivamente al aprendizaje de los alumnos.

Posner y col. (1982) también se centraron en el cambio conceptual radical, en el que las nociones piagetianas de alojamiento de las nuevas concepciones en los individuos eran similares a las nociones de ciencia revolucionaria de Kuhn, durante las cuales la comunidad científica sufre el mayor cambio de paradigma. Para que el alojamiento de los nuevos conceptos tenga lugar, estos autores sugirieron que son imprescindibles cuatro condiciones: 1) descontento de las concepciones existentes; 2) las nuevas concepciones han de ser inteligibles; 3) las nuevas concepciones deben ser creíbles; 4) las nuevas concepciones han de ser fructíferas, pudiendo ser aplicadas a nuevos problemas, mas allá de los habituales. Los cambios de paradigma kuhnianos que han ocurrido en la mayoría de las revoluciones científicas suministraron a los autores una manera análoga de describir el cambio conceptual en el niño: cambio conceptual radical (Strike y Posner, 1992). Sin embargo, Nersessian advirtió: “comparando cambios y procesos con las revoluciones científicas no solventamos el problema; apenas lo cambiamos de sitio”. Se cambia de sitio porque, de acuerdo con Nersessian, nosotros estamos tan lejos de comprender las revoluciones de la ciencia como lo estamos de comprender el aprendizaje.

Estas especulaciones teóricas acerca del papel de las analogías en la producción del cambio conceptual establecen el escenario de una exploración empírica de las contribuciones de las analogías al cambio conceptual en la enseñanza de la Ciencia. Mientras es un hecho que algunos profesores de ciencia en secundaria usan analogías en sus explicaciones (Dagher y Cossman, 1992; Treagust y col., 1992), se han realizado pocos estudios de campo del uso de dichas analogías en el aula. Pocos han sido también los estudios dirigidos al uso y presencia de analogías en los libros de texto. Muchos autores de libros de texto han asumido que el profesor usará en clase las analogías, pero son reacios a imprimirlas en ellos ya que creen que el uso de las mismas lleva implícita la discusión o negociación con los alumnos. Por lo tanto podría ser conveniente que dichos libros de texto incluyesen analogías, a modo de guía del profesor, para ser usadas por los profesores y alumnos en el aula (Thiele y Treagust, 1995). También, pocos estudios han examinado la influencia de las analogías de los profesores para provocar el cambio conceptual en los alumnos. Los

pocos que han examinado las analogías en relación a la enseñanza de la Ciencia han incidido en si las analogías acrecientan a los estudiantes en: a) habilidad para resolver problemas (e.g., Friedel y col., 1990); b) comprensión de textos (e.g., Vosniadou y Shommer, 1988; Gilberto 1989); c) entendimiento conceptual de contenidos científicos (e.g., Gentner y Gentner, 1983; Johsua y Dupin, 1987; Dupin y Johsua, 1989, ...) d) construcción de explicaciones científicas (e.g., Wong, 1993).

Duschl y Gitomer (1991) defienden la caracterización del cambio científico como no jerárquico y fragmentado, basándose en acontecimientos históricos y filosóficos del conocimiento de la Ciencia.

Este carácter fragmentado de cambio que ellos evocan parece estar relacionado también con el cambio conceptual en los chicos (como se puede deducir por los ejemplos del trabajo de Brickhouse (1994) y DiSessa (1988)). Al analizar el rol de las analogías en la efectividad de ese cambio, Thagard hace un estudio de la contribución de las analogías a las seis revoluciones en la historia de la ciencia (Darwin, geología, Copérnico, Newton, Einstein, cuántica). En dicho estudio él nota una pequeña contribución de las analogías a la explicación coherente de la revolución darwiniana y, menor aún, en las otras cinco revoluciones. Por ello, el significado de las interpretaciones centrales de Thagard (1992) en los cambios revolucionarios que llevan al reemplazo de todo un sistema de conceptos y reglas por un nuevo sistema, sugieren, aparentemente, que las analogías han tenido un papel insignificante en las revoluciones científicas.

La observación de Thagard del papel de las analogías en el nivel de justificación de teorías y explicaciones pudo ser más reflexiva (Dagher, 1994) a la hora de analizar su construcción y desarrollo, no oscureciendo así algunas contribuciones tácitas de las analogías. Es concebible que el significado de las analogías en las revoluciones esté más oculto que abierto, más evidente en los procesos de ideas y evidencias que en los argumentos de las conclusiones, sirviendo así como función transitoria, pero importante, de aumentar la inteligibilidad y plausibilidad. Así, el papel de las analogías en las revoluciones científicas examinado por Thagard pudo asemejarse mucho más, haciendo alusión a la metáfora de Wittgenstein (1961), al pasamano de la escalera que es no tenido en cuenta después de que uno la ha subido.

Haciendo un argumento paralelo para el aprendizaje, la contribución de analogías educativas al cambio conceptual puede ser tácita (Dagher, 1994), llevando a pequeños pero sustantivos cambios en la comprensión, por parte de los alumnos, de los conceptos, cambios de orden normal, tal vez, más que de orden radical. La determinación del papel que esos modestos cambios tienen en la precipitación de los cambios radicales constituye un gran reto para indagar en el pensamiento de los alumnos.

Vosniadou y Ortony (1989) afirman que el mapa de relaciones entre la fuente y el dominio del objetivo central es importante en la instrucción, especialmente en situaciones donde la persona que tiene que comprender la analogía tiene una estructura relativamente pobre para el dominio del objetivo central. Ellos advierten de la inconveniencia de restringir “ el papel educativo y comunicativo de la analogía ... para la creación de nuevas estructuras cognitivas”. La analogía puede servir también como propósito para resaltar lo que ya es conocido.

Clement (1989) documenta el papel significativo que juegan las analogías en “la generación de soluciones a un problema científico, y, más específicamente, que pueden algunas veces llevar a un nuevo modelo de situación problemática”. Su descripción del uso espontáneo de analogías para resolver problemas constituye un soporte evidente de la contribución de las analogías en el desarrollo conceptual, motivando transformaciones progresivas de ideas, mas que un cambio abrupto en las

categorías ontológicas. El estudio de Wong (1993) del papel de las analogías construidas por los alumnos, para la construcción y refinamiento de las explicaciones, confirma el hallazgo de Clement y, ambos demuestran cómo el uso de analogías ayuda al desarrollo y refinamiento de ideas.

Aunque los estudios anteriores fundamentan que las analogías contribuyen al cambio conceptual normal, es evidente que la determinación del grado o tipo de cambio dentro de esa categoría permanece ambigua, ya que los datos reflejados en los estudios no permiten el examen a este nivel de detalle.

La contribución de las analogías a la comprensión de conceptos no debería restar la consideración, igualmente importante, de la contribución de las analogías al entendimiento de la ciencia como investigación (Schwab, 1962) o como un proceso de construcción de modelo (Carey y col., 1989; Gilbert, 1991; Grosslight y col., 1991). Limitar la contribución de las analogías exclusivamente a los conceptos podría descuidar un examen de su contribución potencial a la creatividad e imaginación o a la habilidad de hacer nuevas conexiones entre los dominios. Algunos de estos aspectos no podrían probarse por métodos tradicionales, pero podrían tener un impacto duradero que acompañe en importancia la meta de promover la comprensión de conceptos básicos científicos.

Pero la enseñanza de la Ciencia va más allá de la enseñanza de conceptos y destrezas. Por ello la investigación no se debe centrar solo en el cambio conceptual. Las analogías pueden contribuir a que los alumnos alcancen el nivel de ánimo y seguridad que les facilite conectar su mundo con el mundo de las teorías y abstracciones, facilitándoles ver la Ciencia como “un progreso del conocimiento” (Roberts, 1970) y reforzando su potencial imaginativo y su “flexibilidad conceptual” (Bloom, 1992).

Por lo que respecta al cambio conceptual, la naturaleza de la contribución de las analogías es realmente desconocida. Por un lado, la revisión de 3 estudios (Duschl y Gitomer-1991, Vosniadou y Ortony-1989 y Clement-1989) y la evidencia de otras fuentes apunta a una contribución mas bien modesta de las analogías al cambio conceptual normal. Por otra parte, el constructo del cambio conceptual ha estado definido de muchas maneras pero relacionado siempre con el cambio conceptual radical. Pero este cambio conceptual, débil o normal, es igualmente digno de atención por parte de los educadores de la Ciencia. Además, la conceptualización del cambio conceptual en términos de gradaciones dentro de una escala, es algo que permite a profesores e investigadores entender de forma más clara la manera en la que las analogías contribuyen al cambio conceptual. Por último, para evaluar mas justamente a las analogías, el paradigma de cambio conceptual ha de incluir una concepción más amplia de cambio, como son las asociaciones de conceptos, conocimiento procesual, relaciones de procesos afectivos y creativos, que todos ellos están asociados con la educación integral de la persona, y no sólo estar limitado al aprendizaje de conceptos específicos.

### **FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DE LAS ANALOGÍAS:**

Del estudio precedente, por lo tanto, a modo de síntesis, podemos afirmar que la contribución de las analogías al proceso enseñanza-aprendizaje está fundamentada en los siguientes puntos:

- Relacionan los conceptos y contenidos abstractos con la realidad concreta (Dagher, 1994).

- Son instrumentos “para sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles” (Posner y col., 1982).
- Son una herramienta que los profesores pueden utilizar, además de la experimentación y la demostración, para acrecentar la inteligibilidad y plausibilidad de las explicaciones (Osborne y Freyberg, 1985).
- Han jugado un papel central en la construcción de nuevas representaciones científicas y en la comunicación de las mismas a otros miembros de la comunidad científica, por lo que deben ser fundamentales en el aprendizaje científico (Posner y col., 1982).
- La analogía puede a veces servir como propósito para resaltar lo que ya es conocido (Vosniadou y Ortony, 1989).
- Las analogías facilitan al alumno el ver la Ciencia como un “progreso del conocimiento” (Roberts, 1970) y refuerzan su potencial imaginativo, creatividad y habilidad para hacer nuevas conexiones entre los dominios (Bloom, 1992).
- Se han realizado pocos estudios de campo del uso de las analogías en el aula. También, pocos estudios han examinado la influencia de las analogías para provocar el cambio conceptual en el alumno. Sin embargo, estos estudios apuntan a un cambio de “orden normal” más que de “orden radical”.
- Aumentan la habilidad de los estudiantes para resolver problemas (Friedel y col. 1990) y comprender textos (Vosniadou y Shommer, 1988)

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Este estudio bibliográfico despertó nuestro interés por el papel de las analogías en el proceso de enseñanza- aprendizaje y no animó a iniciar una investigación sobre las mismas, que hemos centrado en:

- Estudio las analogías presentes en los libros de texto del Área de Ciencias de la Naturaleza: tipos de analogías, idoneidad de acuerdo con los conceptos que se pretenden enseñar e idoneidad con el tipo de alumnos a los que van dirigidas.
- Estudio de campo de las analogías que usa el profesorado de ciencias en el aula y analizar si las motivaciones, metas y mundo vivencial de los alumnos también son tenidos en cuenta.
- Estudio de la contribución de las analogías al proceso de enseñanza- aprendizaje: refuerzo del conocimiento de conceptos científicos, cambio conceptual, creatividad, estética, actitudes positivas, valores afectivos, conexiones C.T.S.

### BIBLIOGRAFÍA

Bloom, J. (1992). Contextual flexibility: Learning and change from cognitive, sociocultural, and physical context perspectives. In S. Hills, *The history and philosophy*

of science in science education, vol. I. Kingston, Ontario: Queen's University, pp 115-125.

Brickhouse, N. (1994). Children's observations, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 639-656.

Brown, D., and Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.

Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change. In S. Carey and R. Gelman(Eds.), *The epigenesis of mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 257-291.

Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In J.A.Glover, R.R. Ronning, and C.R.Reynolds, *Handbook of creativity*. New York: Plenum Press, pp 341-381.

Dagher, Z. (1992). *Analysis and synthesis of studies related to the effectiveness of analogies in science learning*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, M.A.

Dagher, Z., and Cossman, G. (1992). Verbal explanation given by science teachers: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 361-374.

DiSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman and P.B. Pufall, *Constructivism in the computer age*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 49-70.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.

Dupin J. and Johsua, S. (1989). Analogies and "modeling analogies" in teaching: Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73, 207-224.

Dusch, R., and Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 839-858.

Esteban Santos, S., Muñoz García, P., Barthélemy González, C. y Connago Ramírez, P. (1992). Didáctica de la Química: Programación y recursos. *Universidad Nacional de educación a Distancia*

Friedel, A., Gabel, D., and Samuel, J. (1990). Using analogies for chemistry problem solving. *School Science and Mathematics*, 90, 674-682.

Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 315-327.

Gilbert, S. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 73-79.

Holton, G. (1984). Metaphors in science and in education. In W. Taylor, *Metaphors of education*. London: Heinemann, pp. 91-113.

Kitchener, R. (1992). Piaget's genetic epistemology: Epistemological implications for science education. In R. Duschl and R. Hamilton. *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, pp. 116- 146.

Nersessian, N. (1992). Constructing and instructing: The role of "abstraction techniques" in creating and learning physics. In R. Duschl and R. Hamilton, *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, pp. 48-68.

- Ogborn, J. and Martin, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal Science Education*, v18, nº6, 631-652.
- Osborne, R., and Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland, New Zealand: Heinemann.
- Piaget, J., and García, R. (1989). *Psychogenesis and the history of science*. New York: Columbia University.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. In *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, pp. 1-103.
- Spiro, R., Feltovich, P., Coulson, R., and Anderson, D. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou and A. Ortony, *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 498-531.
- Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 305-313.
- Strike, K., and Posner, G. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4, 231-240.
- Strike, K. And Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl and R. Hamilton, *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, pp. 147-176.
- Thagard, P. (1992<sup>a</sup>). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 537-544.
- Thagard, P. (1992<sup>b</sup>). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Thiele, R. B., and Treaut, D.F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal Science Education*, v17, nº6, 783-795.
- Treagust, D., Duit, R., Jbslin, P., and Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14, 413-422.
- Treagust, D., Harrison, A., Venville, G., and Dagher, Z. (in press). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*.
- Vosniadou, S., and Ortony, A. (1989). Similarity and analogical reasoning: A synthesis. In S. Vosniadou and A. Ortony, *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-17.
- Vosniadou, S., and Shommer, M. (1988). Explanatory analogies can help children acquire information from expository text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 524-536.
- Wittgenstein, L. (1961). *Tractatus logico-philosophicus*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Wong, E.D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 367-380