

El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias

José M^a Oliva

Centro de Profesorado de Cádiz, Cádiz, España. E-mail: jmoliva@cepcadiz.com.

Resumen: En este trabajo se analizan algunos fundamentos del aprendizaje mediante analogías y se comparan de forma crítica con las concepciones y creencias que el profesorado solemos mantener a la hora de hacer uso de ellas en nuestras clases. A partir de este marco, se discuten algunas de las nuevas contribuciones que la investigación en didáctica de las ciencias viene proporcionando para este recurso, concretamente en el ámbito procedimental y actitudinal del aprendizaje de las ciencias.

Palabras clave: analogías, concepciones del profesorado, pensamiento analógico.

Title: Analogical thinking from educational research and from the science teacher point of view.

Abstract: In this paper, some basics about learning by analogies are studied, critically comparing the findings of educational research with science teachers points of view. From this framework, some of the new contributions that research in science teaching is for providing to this resource, are discussed.

Keywords: analogies, analogical thinking, educational research, science teachers.

Introducción

Las analogías son comparaciones entre fenómenos que mantienen una cierta semejanza a nivel funcional o estructural. Constituyen un recurso frecuente tanto en el lenguaje cotidiano como en el contexto escolar, cuando se quiere hacer más asequible a otras personas una determinada idea o noción, que se considera compleja, a través de otra que resulta más conocida y familiar. La noción o sistema que se quiere aclarar se denomina *blanco*, mientras que el que se utiliza como referencia se denomina *análogo* o *fuentes*.

Como han señalado algunos autores (Curtis y Reigeluth, 1984), el origen del pensamiento analógico se remonta probablemente a la aparición del lenguaje y desde entonces juega un papel trascendente en el desarrollo del conocimiento, en particular en el aprendizaje de conocimientos científicos. Por ejemplo, analogías y lenguaje juegan conjuntamente un papel clave como contexto de elaboración de nuevas ideas, sobre todo en los primeros estadios de desarrollo de un conocimiento dado (Sutton, 2003).

Desde el punto de vista didáctico, el uso de analogías aparece ligado normalmente en la literatura al aprendizaje en el ámbito conceptual, por ejemplo, como ayuda en la comprensión y desarrollo de nociones abstractas o como recurso dirigido a cambiar las ideas intuitivas ya existentes (Posner et al., 1982; Brown y Clement, 1989; Treagust et al., 1992; Lawson, 1993; Brown, 1994; Clement, 1993; Duit, 1991, 1996; Dagher, 1994; Ceacero, González-Labra y Muñoz-Trillo, 2002).

Si embargo, últimamente se detecta un desplazamiento en el interés por las analogías desde razones de este tipo hacia otras comprometidas con una formación más integral del alumno. En efecto, la idea de que la analogía, como tal, puede ayudar a comprender y desarrollar nuevas nociones abstractas o a cambiar las ideas ya existentes, aun siendo útil y sugerente para ciertos fines, puede conllevar un riesgo importante. El peligro al que nos referimos consiste en ignorar otras facetas del aprendizaje del alumno como son las relacionadas con los procedimientos y actitudes, cuya importancia en el aprendizaje de las ciencias en general se ha sugerido y justificado repetidamente desde diferentes puntos de vista (Reid y Hodson, 1989; Gil et al., 1991; Campanario y Moya, 1999; Cudmani et al., 2000; Oliva, et al., 2001). Como señala Dagher (1994), sobrevalorar la contribución de las analogías en el aprendizaje de conceptos podría llevarnos a subestimar su aportación en el desarrollo de la creatividad y de la imaginación, en la construcción de un pensamiento más integral e interconectado, o en la mejora de la autoestima y otros factores motivacionales.

En consecuencia, parece importante revisar las ideas que, como profesores y/o investigadores, tenemos sobre el pensamiento analógico, ya que los riesgos y peligros aludidos podrían provenir de una visión restringida e inadecuada de las utilidades de las analogías y de cómo éstas funcionan. Por esta razón, este trabajo se propone revisar los fundamentos teóricos del pensamiento analógico, analizando de forma crítica, a partir de ellos, algunas de las creencias más comunes que podríamos mantener los profesores acerca del mismo. Concretamente son cuatro los rasgos que se pretende destacar a través de estas líneas y que no siempre han sido compartidos y tenidos en cuenta. Estos son:

i) La analogía constituye ante todo un proceso interno al sujeto, y no sólo el estímulo externo que se presenta como recurso a través del libro o de la explicación del profesor.

ii) Más que un contenido o de un conocimiento a aprender, se trata de un proceso o, si se quiere, de un camino que el alumno ha de recorrer: la transferencia analógica.

iii) El proceso de transferencia analógica exige la construcción de un modelo más profundo que la mera asociación directa de atributos entre el *blanco* y el *análogo*. Este modelo se configura en estrecha conexión con contexto en el que se elabora la analogía, delimitando el mensaje de la misma desde la intencionalidad didáctica con la que se propone.

iv) Además, se genera a través de un proceso bidireccional complejo que se construye en un marco interactivo, entre el *blanco* y el *análogo*, mediado por el modelo sobre el que se sustenta la analogía.

A partir de estos presupuestos, se analiza también con tintes críticos, la tendencia habitual a reducir la utilidad de las analogías al aprendizaje de contenido declarativo o de carácter conceptual. Por el contrario, debido a su carácter interno y procesual, y por la labor de modelización que conlleva, aprender a través de analogías puede considerarse un recurso útil a la hora de desarrollar también procedimientos y actitudes de interés en el aprendizaje de las ciencias. Se trataría con ello de contribuir a que, como reclama Hodson (1992), la enseñanza sirva como ocasión no solo de aprender ciencias, sino también de "hacer" ciencias y de "aprender acerca de" las ciencias. A continuación se intenta justificar y fundamentar cada uno de estos puntos, analizando a la vez qué implicaciones tienen para la tarea de enseñar en la clase de ciencias a través de analogías.

Sobre el estatus de la analogía como fenómeno interno al alumno

La primera idea a destacar reside en el carácter interno de la analogía, como construcción personal que ha de llevar a cabo el que aprende, aunque no de forma autónoma e individual sino en continua interacción con el entorno escolar que le rodea: profesor, materiales curriculares, compañeros de clase, etc. Por ejemplo, el profesor puede recurrir a estímulos externos para inducir y facilitar la analogía en el alumno (metáforasⁱ, símilesⁱⁱ, dibujos, imágenes modelos a escala, etc.), pero la analogía en sí, como cualquier experiencia o conocimiento, es ante todo algo a construir desde dentro, en coherencia con las corrientes del aprendizaje como construcción.

Este punto de vista queda patente en el esquema de aprendizaje a través de analogías propuesto en trabajos anteriores (Oliva et al., 2003a), el cual intenta discriminar entre conocimiento del estudiante y conocimiento o contenido a enseñar, en función de si éste se ubica de forma interna o externa al alumno (Marín, 2003), respectivamente; o si se prefiere, si responde a modelos de naturaleza mental o de tipo conceptual (Moreira, 1996; Greca y Moreira, 2000).

En este marco, al hablar de analogías se puede uno referir a dos cosas diferentes. De un lado, al estímulo externo que utiliza el profesor o el texto en su discurso, como parte de la transposición didáctica de los modelos científicos que se desea enseñar (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). De otro, a la representación interna que se genera en la mente del alumno a partir de ese estímulo. Es evidente, que es en este segundo contexto en el que hemos de situarnos si se pretende comprender los mecanismos del razonamiento analógico, sus virtudes y dificultades. Dicho de otro modo, es en este marco en el que se hemos de pensar al analizar la analogía en términos de construcción personal.

Sin embargo, lo habitual es que, al hablar de analogías, el profesorado de ciencias nos refiramos más a la primera acepción de este término que a la segunda. De hecho, un compromiso expreso con la segunda acepción llevaría a la necesidad de implicar al alumnado en la construcción de la analogía y, con ello, a concederle un papel activo durante el aprendizaje a través de la misma. Como señalan Brown y Clement (1989), resulta necesario involucrar al estudiante en el proceso de razonamiento analógico en un contexto de enseñanza interactiva en vez de presentar simplemente la analogía.

En contraste con ello, en muy pocos casos la analogía se plantea en la práctica docente bajo un formato que favorezca o fomente dicho papel activo. Por ejemplo, cuando se consulta directamente al profesorado sobre los guiones y rutinas a los que recurre en sus clases al usar analogías (Oliva, 2003), se reconoce que la vía más asidua para introducir las analogías es, con diferencia, la explicación del profesor. Sin embargo, se recurre escasamente a la realización de actividades como vías alternativas para la construcción de la analogía; por ejemplo, promoviendo que los alumnos ideen sus propias analogías, utilicen las analogías previamente proporcionadas para hacer predicciones, o descubran y expliciten la analogía que hay de fondo tras las metáforas que se emplean.

Ello se manifiesta también frecuentemente en los libros de texto al uso. Así, en un estudio anterior llevado a cabo con libros de texto españoles de Secundaria (Aragón et al., 1998), se puso de manifiesto que casi nueve de cada diez analogías se presentaban en un formato expositivo, sin implicar ningún tipo de participación activa por parte del lector (el alumno), ni en su elaboración ni en una aplicación posterior a casos concretos. Más aún, se pudo constatar que los resultados eran similares en los textos LOGSE (ESO-Bachillerato) que en los del anterior sistema educativo (BUP-COU), lo cual indica que, en la práctica, muchos de los cambios pretendidos en el tránsito de un sistema a otro nunca se vieron materializados. Tampoco en el estudio realizado por García-Monteiro y Justi, 2000 con libros de texto brasileños se obtuvieron resultados que indicasen que los libros suelen incentivar a los alumnos a que participen en la elaboración de significados ante una analogía.

En tales condiciones, no es de extrañar que el uso de analogías arroje escasos efectos o que incluso éstos sean a veces negativos, al contrario de lo que ocurre cuando se involucra al alumno en el debate y la discusión sobre la analogía sugerida por el profesor, o cuando el profesor promueve en los alumnos la génesis o construcción de una analogía propia (Brown y Clement, 1989; Clement, 1993; Oliva et al., 2001; Ceacero, González-Labra y Muñoz-Trillo, 2002; Else, Ramírez y Clement, 2002; Oliva et al., 2003a).

Todo ello apunta, de un lado, hacia un excesivo centramiento del profesorado en la visión de la analogía como estímulo externo al alumno, subestimando las dificultades internas a las que éste se enfrenta a la hora de interpretar la analogía desde la intencionalidad didáctica con la que se propone. Pero también, de otro, sugiere una visión de la analogía como mera adquisición de un "producto prefabricado" más que como un proceso de transferencia de significados de un dominio a otro.

Sobre el carácter procesual del pensamiento analógico

Comprender la analogía como proceso implica superar la idea de interiorizar un producto externo prefabricado y nos obliga a profundizar en los mecanismos del razonamiento analógico (ver para ello las interesantes y completas revisiones realizadas al respecto, primero, por González-Labra, 1997; y, más tarde, por González, 2002). En este sentido, señalar que las diversas teorías surgidas han venido a resaltar el carácter procesual de dicho fenómeno (Sternberg, 1977; Gentner, 1983; Gick y Holyoak, 1983),

aunque cada escuela lo ha hecho desde su particular y peculiar punto de vista.

Para empezar, elaborar una analogía conlleva establecer relaciones entre objetos y atributos, como bien mostraba Sternberg (1977). Según este autor, el razonamiento analógico se interpreta en términos de un formato proporcional que adopta la forma $A:B :: C:D$. Por ejemplo, en una analogía típica como la de comparar la estructura del átomo con un sistema planetario, el formato proporcional podría expresarse en los siguientes términos:

“Planetas:Sistema Solar :: Electrones:átomo”

Por tanto, según Sternberg la analogía se concibe como una asociación directa de pares de elementos; de una parte, internamente entre los que conforman cada dominio de conocimientos y, de otra, externamente entre los elementos análogos que cruzan ambos sistemas. Para ello, su teoría postula una serie de etapas o procesos que van desde la identificación o codificación de los valores y atributos de la “proporción”, hasta la aplicación y evaluación de la regla analógica establecida. Todo ello pasando por una fase intermedia de “extrapolación” desde el conocimiento análogo al blanco.

Sin embargo, para Gentner las analogías en dominios de aprendizaje complejos, como los de las Ciencias, van más allá de la mera asociación directa entre pares de elementos dentro de un conjunto de cuatro términos. En este sentido, en su teoría de extrapolación estructural, el razonamiento analógico se concibe como una tarea más rica y compleja en la que son muchos los elementos que pueden barajarse en la comparación aunque solo algunos participan en la misma dando así a la analogía un determinado sentido y no otro.

Según dicha teoría, cualquier contenido estaría formado por objetos, atributos de esos objetos y relaciones entre ellos, de forma que la verdadera analogía descansaría sobre comparaciones entre relaciones y no tanto en las semejanzas de atributos, aunque éstas también ayudarían en el proceso de extrapolación. Por ejemplo, en la conceptualización ya comentada antes del átomo como sistema solar en miniatura, serían objetos a tener en cuenta elementos tales como: planetas, Sol, Sistema Solar, electrones, átomo y núcleo; mientras que se comportarían como atributos propiedades como: el tamaño, la carga o la masa, etc. Dicha comparación sería una analogía por cuanto ambos sistemas mantienen una cierta semejanza en la estructura relacional, como queda patente en la representación que ofrece la figura 1. Sin embargo, en términos de Gentner, no podríamos hablar de analogía en la comparación entre un protón y un neutrón simplemente porque ambos comparten el atributo de ser una partícula subatómica de masa similar.

Producto de esta naturaleza relacional compleja de la analogía es que sea el sujeto el que, desde su propio punto de vista, tenga que decidir qué relaciones se conservan y cuáles no al pasar de un sistema al otro durante la fase de extrapolación. Además, la transferencia analógica no acabaría con la fase de extrapolación en sí, sino que requeriría una fase posterior de adaptación o acomodación de relaciones al nuevo dominio de conocimientos (González-Labra, 1997). Es decir, las relaciones que se proyectan de un

sistema a otro luego deben contextualizarse en el nuevo dominio sustituyéndose los objetos y atributos de un sistema por los del otro.

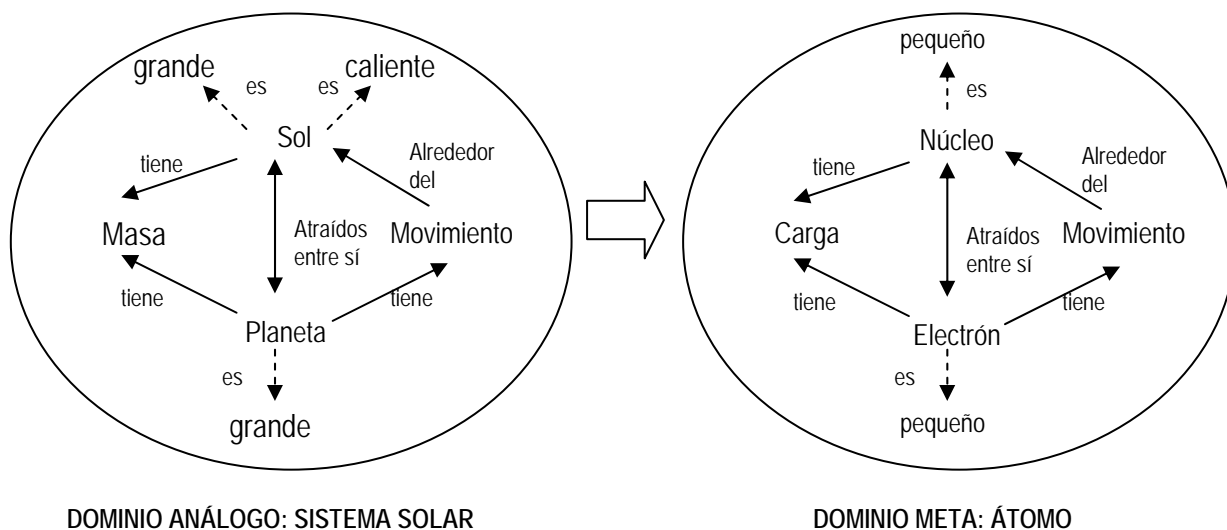


Figura 1.- Ejemplo de analogía del átomo como Sistema Solar. Sólo se extrapolan las relaciones representadas mediante líneas continuas.

Alguien podría argumentar, tal vez, que la explicación del profesor podría constituir por sí sola un soporte suficiente para que el alumno asimile la analogía en el sentido deseado. Si el discurso del profesor es claro y apunta hacia qué relaciones son importantes en la comparación y cuáles no, podría pensarse, no debería de haber ningún impedimento para que el alumno reproduzca una copia de ese discurso en su mente, sin más. Sin embargo, los resultados de la investigación indican, por el contrario, que construir una analogía no es algo sencillo e inmediato, resultando inevitable que cada cual elabore su propia interpretación personal acerca la misma (Duit, 1996). Y ello por diversas razones que pasamos a mencionar.

Así, de un lado, a la variedad de objetos, atributos y relaciones existentes en un dominio dado, hemos de añadir las relaciones cruzadas entre un sistema y otro que pueden conjeturarse en la comparación. Ello supone un cúmulo de factores que puede desbordar la memoria de trabajo del sujeto, lo que hará que gran parte de la información que aporta el profesor pueda ser ignorada u olvidada. Además, de otro, puede suceder que el alumno suplante las reglas de relación que establece el profesor –o el texto- con las suyas propias, normalmente basadas en semejanzas superficiales entre atributos. Ello podría llevar a que la analogía derive por unos derroteros mucho más fáciles de interiorizar, pero también más alejados de las finalidades didácticas previstas. Finalmente, es posible que el alumno posea concepciones alternativas alejadas de la ciencia escolar sobre uno u otro dominio, o sobre ambos a la vez, lo que hará difícil que el tipo de interpretación personal que pueda elaborar se mueva en un terreno afín al pretendido por el profesor.

De todo ello se deduce la importancia no sólo del estímulo externo que sirve para impulsar el pensamiento analógico en el alumno, sino también de la labor de interiorización personal que ha de realizar éste, de la posterior

exteriorización del producto construido y, finalmente, de la tarea de regulación y tutorización constante que ha de efectuar el profesor.

De la importancia de todos estos elementos parecen mostrarse conscientes una parte importante de los modelos y propuestas que se han elaborado para el uso didáctico de las analogías en la clase de ciencias. Así, de un lado, en el modelo TWA (Teaching With Analogies) de Glyn et al. (1991), además de una fase dedicada a introducir o sugerir la analogía, se dedica espacio a identificar y transferir las similitudes entre un dominio y otro de la comparación y a analizar también las diferencias que los separan. También, de otro, a lo largo de sus trabajos, Brown y Clement (Brown y Clement, 1989; Clement, 1993; Brown, 1994) han fundamentado y evaluado el papel de las analogías a través de puentes a la hora de propiciar el cambio conceptual en los alumnos. Esta estrategia consiste en la presentación de situaciones intermedias entre el *blanco* y el *análogo*, lo cual sirve de ocasión para discutir y negociar con los alumnos las similitudes y diferencias encontradas entre las dos situaciones que se comparan y otorga a la analogía una naturaleza procesual en línea con la que se ha intentado fundamentar.

Pero frente a esta visión de la analogía como "proceso" en acción, o si se prefiere en construcción, los profesores solemos asociar la analogía con la adquisición de un conocimiento estático y acabado, obviando así las dificultades que conlleva dicha actividad. Se trata ésta, como ya se ha dicho, de una visión de la analogía como producto prefabricado o *post-festum* (Wilbers y Duit, 1999) que el alumno ha de aprender, un contenido más del que se ha de apropiarse, confundiendo así la analogía con la mera evocación del *análogo* y su asociación directa con el contenido que se desea enseñar (Oliva, 2003; Oliva et al., 2003b).

De hecho, se suele confundir o identificar la analogía con el *análogo*, como lo demuestran algunas expresiones que suelen usarse al hacer referencia a este recurso, cuando se habla, por ejemplo, de "aprender" o "enseñar" analogías (Oliva et al., 2003b). Todo lo cual indica una excesiva focalización del profesorado hacia el *análogo* o referente externo que se utiliza en la enseñanza mediante analogías, en detrimento del proceso en sí de transferencia, verdadero sentido de la analogía cuando se contempla como fenómeno de construcción personal. También apunta en dicha dirección el hecho de que ni el profesorado ni los textos recurran suficientemente a estrategias destinadas a favorecer el proceso de transferencia analógica, como por ejemplo: usar la misma analogía para explicar varios hechos, propiciar que los alumnos desarrollen sus propias analogías personales, analizar conjuntamente con los alumnos los límites de validez de la analogía construida, desarrollar una cierta variedad de analogías para ilustrar el mismo fenómeno, o utilizar la analogía como instrumento para realizar predicciones (Thiele y Treagust, 1994, 1995a; Thiele, Teagust y Venville, 1995; Dagher, 1995; Oliva, 2003). En definitiva, los datos apuntan hacia importantes carencias en el modo de usar analogías desde lo que sería un modelo de intervención acorde con una visión procesual de la analogía (Oliva et al., 2001).

Ni siquiera parece frecuente que, cuanto menos, se faciliten guías o recomendaciones destinadas a que los alumnos usen las analogías de

manera adecuada y fructífera. Por ejemplo, en un trabajo llevado a cabo por González (2002), en el que se analizaron diversos textos de secundaria españoles, ninguno de los libros estudiados contenía orientaciones de este tipo, aspecto que concuerda con trabajos realizados en otros países (Glyn et al., 1989; Jarman, 1996).

De ahí que no deba de extrañar la aparición de dificultades en el proceso de aprendizaje mediante analogías, por ejemplo, cuando el alumno aprende el *análogo* pero no transfiere significados, cuando interpreta la analogía según puntos de vista inesperados, o cuando llevan la analogía demasiado lejos (García-Monteiro y Justi, 2000; Oliva et al., 2001). Todo ello constituye un indicador de que el alumno no ha llegado a transferir conocimientos de un dominio a otro en el sentido deseado, situación que depende en gran parte de los guiones y rutinas que el profesorado movilizamos en el aula al trabajar con analogías y, en última instancia, de la visión que tenemos sobre qué es una analogía y cómo funciona (Oliva, 2003).

Aunque la teoría de Gentner aporta un panorama más completo y detallado que la de Sternberg, lo que la hace más útil a efectos de explicar el funcionamiento de las analogías en dominios científicos, aún resulta insuficiente debido al carácter sintáctico que para ella tiene el proceso de extrapolación (González-Labra, 1997). En efecto, para la teoría de Gentner el contenido de la analogía sigue siendo un problema secundario, cuando la realidad dice que la experiencia o pericia del sujeto sobre los contenidos que maneja constituye un factor esencial que determina la posibilidad de éxito del razonamiento analógico. En este sentido, aunque la teoría de Gentner da un paso más al profundizar en la estructura del conocimiento puesto en juego en la analogía, sigue sin tomar en cuenta los objetivos y el contexto en el que se desarrolla la misma, por lo que no llega a aclarar cómo y por qué el sujeto fija la atención en unas relaciones y no en otras a la hora de verificar la extrapolación.

Sobre el papel del contexto y del modelo de la analogía como guías de la transferencia analógica

En sintonía con estas limitaciones surge, con autores como Holland y Holyoak (Holland et al., 1986; Gick y Holyoak, 1983; Holyoak, Junn y Billman, 1984), un nuevo enfoque del razonamiento analógico, esta vez basado en la teoría del aprendizaje inductivo.

Como comenta González-Labra (1997), esta teoría propone la existencia de un esquema implícito de activación y guía, que permite seleccionar sólo aquellos elementos del *análogo* que se consideran relevantes a la hora de establecer algún tipo de semejanza entre él y el *blanco* a representar. Se intenta, así, tomar en cuenta el contexto en el que se elabora la analogía y los objetivos que la orientan, bien sea desde la perspectiva del profesor o del libro de texto que la presenta, o desde la perspectiva del propio alumno que la (re)construye.

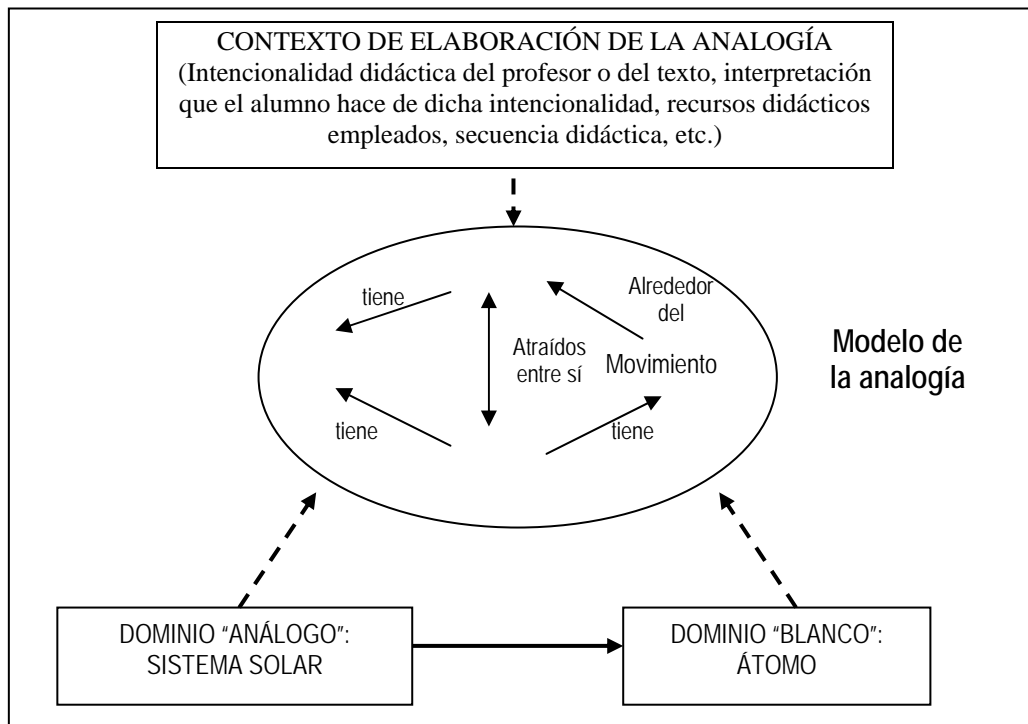


Figura 2.- Modelo relacional subyacente a la analogía del átomo como Sistema Solar.

Para ello, el aprendizaje por analogía se concibe como un proceso de modelización de segundo orden en el que se compara el modelo acerca del dominio análogo con el que el sujeto mantiene inicialmente sobre el *blanco*. Este modelo de segundo orden, al que en adelante denominaremos "modelo subyacente a la analogía" o, simplemente, "modelo de la analogía", vendría a marcar la estructura común a los dos dominios que se comparan o, si se prefiere, el mensaje de la analogía desde la intencionalidad con que se propone. Su papel ha sido ilustrado en la figura 2, aprovechando el mismo ejemplo que hemos manejado antes.

A la hora de trazar una analogía, un primer paso consistiría en elegir el *análogo* o situación de anclaje que se utiliza como referencia. Se supone, que el *análogo* elegido ha de ser mejor conocido por el alumno, al menos en aquellas facetas que se pretende representar del *blanco*. Al evocar la analogía, partimos pues de: un modelo mental incipiente que tendrá el alumno sobre el *blanco* o situación objeto de estudio, un modelo mental de la situación *análoga* que se utiliza como referencia, y un conjunto de herramientas y representaciones didácticas externas destinadas a estimular el razonamiento analógico en los alumnos (figura 3). Éstas últimas, integradas dentro de un marco más amplio que serviría para configurar el contexto y las metas a partir de los cuales se elabora la analogía.

Veamos a continuación un caso aclaratorio valiéndonos de nuevo de la analogía del átomo como Sistema Solar. En este caso, es probable que el alumno disponga inicialmente de una idea de átomo como esfera sólida, si es que ha estudiado el modelo de Dalton, o como "pudin de pasas", si ha abordado el modelo de Thomson. Cualquiera de estas representaciones

mentales podría en principio actuar como modelo previo, pretendiéndose, por otra parte, que el alumno construya un modelo más avanzado de átomo. Éste podría consistir en un núcleo central y electrones que giran alrededor inmersos en un espacio vacío, para cuya construcción el profesor podría utilizar una serie de recursos como: presentar la idea de forma esquemática, ofrecer un dibujo aclaratorio o sugerir el símil entre ambos sistemas. Todo ello a pesar de que, como profesor, éste tiene en mente un modelo de átomo más complejo como distribución de cargas.

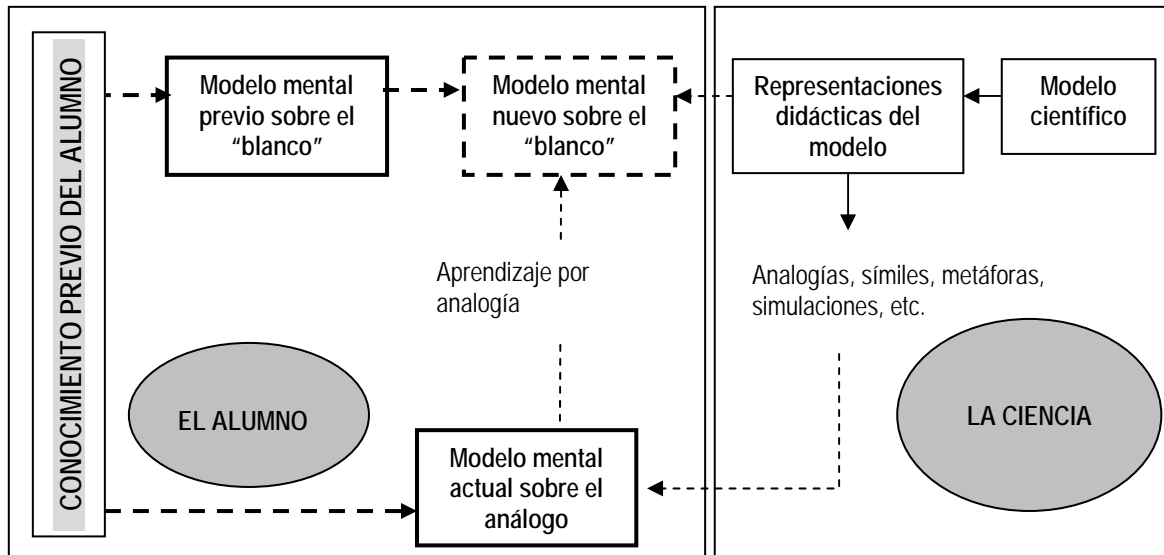


Figura 3.- Modelos mentales, representaciones didácticas del modelo científico y modelo de la analogía (Oliva et al., 2003a).

Pues bien, en este contexto, el modelo de la analogía se correspondería con aquello que tienen en común las situaciones que se comparan; en este caso, la idea de un cuerpo fijo central, con objetos alrededor dando vueltas atraídos por el cuerpo fijo y, entre ambos, espacio vacío. Éste sería el mensaje que intenta dejar la analogía y es lo que autores como Brown y Clement (1989) o Duit (1991) delimitan como el "modelo de la analogía", o lo que Fernández et al. (2003) denominan la "trama" o "relación analógica".

La representación que el sujeto se hace del *blanco* depende del modelo de segundo orden que da sentido a la analogía, e indirectamente, también, del contexto desde el que se infieren las metas y objetivos de la transferencia analógica. Dicho modelo sugiere cuáles son las relaciones que comparten ambos sistemas y, consecuentemente, dirige la atención hacia las partes del *análogo* sobre las que el sujeto debe fijar su atención a la hora de efectuar la extrapolación. Por esta razón, el modelo de la analogía constituye no sólo el producto de la analogía, sino también, en cierto modo, su origen. Como vemos el enfoque pragmático, al contrario de lo que ocurría con los anteriores, sí toma en cuenta el contexto y la intencionalidad del sujeto a la hora de trazar una analogía, a través del modelo que subyace bajo ella.

Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, diversos autores plantean propuestas de enseñanza a través de analogías coherentes con la importancia del modelo como trasfondo de la analogía. Este es el caso, por

ejemplo, de la visión que manifiestan Brown y Clement (1989), al mostrar la importancia que tiene que los alumnos capten el modelo sobre el que subyace la similitud entre el *blanco* y el *análogo*. Como ellos afirman, en el proceso de transferencia analógica resulta clave que los alumnos fijen su atención en la estructura relacional compartida entre el *blanco* y el *análogo*, olvidándose de los objetos y atributos concretos que conforman ambos sistemas.

Sin embargo, los profesores solemos tender a conceptualizar la analogía como una transferencia directa, lineal, unidireccional y simple del conocimiento fuente al conocimiento meta, sin percibir el papel que juega el modelo subyacente a la analogía –y el contexto didáctico que lo sustenta– como mediador del proceso de construcción de la misma.

Pero aceptar el papel del modelo de la analogía como guía de la misma, aunque supone un logro importante en la comprensión del pensamiento analógico, no sólo no termina por despejar todas las incertidumbres, sino que despierta otras nuevas. En efecto, asumir dicha función proporciona un marco contextual a partir del cual es posible comprender las razones que inducen a los alumnos a elegir tal o cual relación y a desestimar otras. Pero, al mismo tiempo, induce un dilema semejante al del "*huevo y la gallina*", que en este caso se traduce en si es el modelo de la analogía el que induce al alumno a interpretar ésta en unos términos y no en otros, o si es, por el contrario, la comprensión temprana que tiene el alumno sobre la analogía la que le induce a configurar un determinado modelo analógico, y no otro.

Este dilema, que se refleja en una circularidad causal de acontecimientos, sólo desaparece si la construcción de la analogía se concibe como un proceso interactivo, complejo y en cierto modo recurrente, capaz de gestarse y evolucionar con el tiempo a la vez que lo hace también el modelo analógico que lleva implícito.

Sobre el carácter bidireccional complejo del proceso de construcción de la analogía

Como señalan Wilbers y Duit (1999), la paradoja mencionada sugiere una insuficiencia de las teorías actuales sobre el razonamiento analógico y reclama una revisión de las mismas a la luz de nuevos enfoques y perspectivas. Desde nuestro punto de vista, esta revisión o replanteamiento del alcance del pensamiento analógico, debería llevar aparejado un mayor acento en el papel del contexto didáctico en el que se genera y se desarrolla la analogía. De hecho, a través de una serie de estudios de microanálisis sobre los procesos que tienen lugar durante el aprendizaje a través de analogías, esos autores concluyen que el alumno suele tener dificultades en el aprendizaje por analogía dado que es éste quien, a la postre, ha de dar sentido a la analogía proporcionada, derivando a veces por derroteros muy distintos a los pretendidos (Duit et al., 1998; Wilbers y Duit, 1999).

Kaufman, Patel y Magder (1996) consideran, de una parte, que a los sujetos principiantes en el aprendizaje de ciertos contenidos normalmente les ayuda partir de una adecuada representación previa del *blanco* antes de que puedan proyectar relaciones desde el dominio de la fuente familiar. En

consecuencia, para estos autores el uso de analogías debería llevarse a cabo una vez que se ha abordado previamente el fenómeno científico a través de alguna explicación previa. Según dichos autores, ello proporcionaría un contexto más favorable para que los alumnos entiendan la finalidad de la analogía utilizada:

“Las analogías pueden facilitar la transferencia entre modelos pero una vez que los estudiantes tengan un sentido claro de los objetivos del profesor, de qué es lo que ellos ya saben y de lo que ellos esperan saber sobre ciertos puntos” (Kaufman, Patel y Nagder, 1996; p. 383).

Pero, por otra, hay que asumir también que a veces esas explicaciones iniciales conllevan un alto nivel de abstracción por cuanto las nociones sobre las que trata son complejas y ajenas al repertorio de experiencias anteriores que posee el alumno. Por ejemplo, hablar de teoría de cuantos, de mecanismos de reacción química o de estructuras cristalinas, no es algo que directamente sea asequible al entendimiento de la mayoría de las personas que carecen de conocimientos sobre el tema. Por ello, han de ser introducidos mediante algún símil o metáfora, hablando por ejemplo de “paquetes” de energía, de “camino” de reacción o de “red” de iones. Aunque siempre queda también la posibilidad de servirse de otros tipos de recursos, como por ejemplo: dibujos, escenificaciones, paradojas, experimentos mentales, etc.; lo cierto es que también en esos casos el razonamiento analógico juega un papel importante.

En consecuencia, la construcción de la analogía y del modelo que lleva de fondo deben entenderse como una tarea compleja que no se verifica de una forma lineal y unidireccional, sino a través de un proceso interactivo entre el *blanco* y el *análogo* en el que tanto el significado que se otorga a la analogía como al modelo que la soporta, se van viendo enriquecidos y reformulados de una forma paulatina a medida que la comprensión avanza (Oliva et al., 2001) (figura 4). Como ya señalaba hace algún tiempo Acevedo (1990), la construcción de una analogía no es un proceso inmediato sino que se realiza mediante aproximaciones sucesivas, que precisan de la confrontación sistemática con los datos de la experiencia o con otros modelos.

En el curso de dicho proceso, la posición del alumno oscilaría entre contemplar el *blanco* desde la perspectiva del *análogo* y al contrario, de lo que se deduce que la comprensión de la analogía y del *blanco* son procesos que ocurren simultáneamente. Es aquí donde el contexto didáctico de la analogía juega un papel fundamental como pieza clave que permite regular y guiar las interpretaciones del alumno sobre la analogía planteada.

La construcción de la analogía comporta diversas tentativas a través de las cuales se van modificando las señas de identidad del modelo de la analogía. Dicho modelo se empieza a construir en el mismo instante en el que el sujeto es capaz de seleccionar y descartar aquellos rasgos y relaciones que, a su juicio, tienen en común los dominios que se comparan. Los primeros intentos operan de un modo tosco y poco fluido, ya que la escasa comprensión que se tiene sobre el objeto de estudio que se intenta comprender dificulta el proceso de demarcación de esos rasgos y relaciones, todo ello en detrimento de una adecuada selección de aquéllos que serían deseables desde el punto de vista de la ciencia escolar.

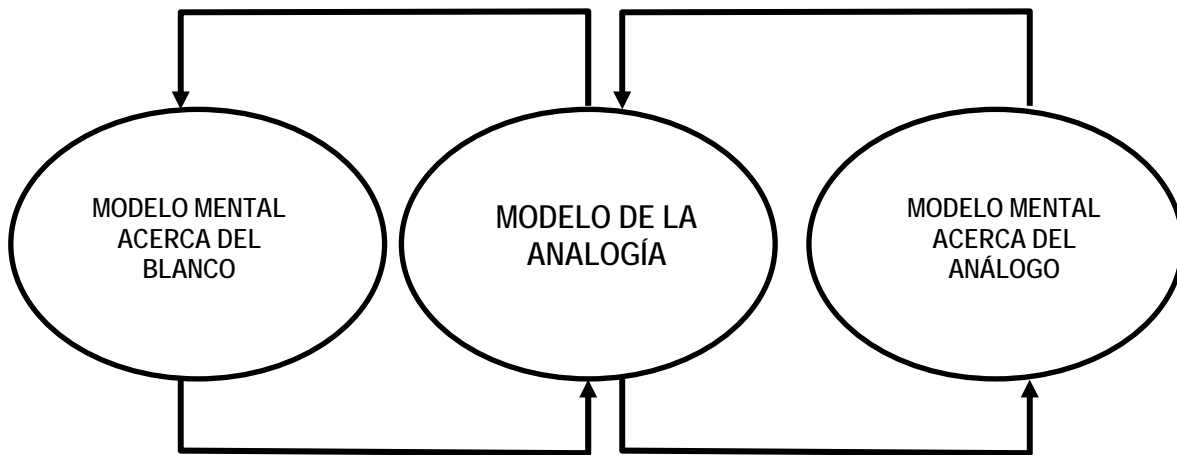


Figura 4.- La construcción de la analogía como proceso de modelización bidireccional complejo.

Por esta razón, la analogía no acaba con la impronta que el sujeto encuentra en una primera comparación, sino que el primer modelo evocado se convierte en una especie de hipótesis de trabajo que puede y suele cambiar y/o evolucionar en función de nuevos datos que actúan como reguladores del proceso. A través de estas posibles regulaciones sucesivas, algunos de los rasgos y relaciones sobre los que se ha fijado la atención pueden ir desapareciendo del panorama, entrando en su lugar otros nuevos.

Debido a esta recursividad, surge la conveniencia de adoptar más de una analogía para propiciar que el modelo mental que se construya sea próximo al modelo deseable desde el punto de vista de la ciencia escolar (Duit, 1991; Thagard, 1992; Dagher, 1994; Heywood y Parker, 1997; Harrison y Treagust, 2000a,b).

Sin embargo, como lo demuestra la abundante literatura existente sobre el tema, lo habitual es que la analogía se introduzca de un modo puntual, sin apreciar la importancia de utilizar, como dominio fuente, distintos *análogos* sucesivos. Éstos servirían, de un lado, como recursos que permitirían resaltar y acotar las facetas relevantes del modelo que se pretende ilustrar mediante la comparación entre el *blanco* y los *análogos*. De otro, como instrumento que favorece la evolución entre distintos modelos si se usa de un modo encadenado a través de diversas analogías sucesivas (Oliva et al., 2001). Cada una de ellas iría aportando distintos rasgos adicionales al modelo mental del alumno, o también modificando aquéllos que resultan inadecuados. Como ha mostrado Dagher (1994), las analogías pueden tener también una función relevante en el proceso de cambio o evolución conceptual a través de la consecución de pequeños cambios consecutivos que, más tarde, podrían ayudar a precipitar cambios sustanciales en el razonamiento de los alumnos.

Pero, aunque el papel de las analogías en el aprendizaje de lo conceptual resulta una faceta importante de su función didáctica, como comentamos antes, no es la única que tiene. Así, la construcción de una analogía, debido a la labor personal y procesual que exige y por la tarea modeladora que lleva implícita, constituye un recurso de interés también para el desarrollo

de procedimientos y actitudes que se relacionan habitualmente con el aprendizaje de las ciencias.

Aportaciones del pensamiento analógico al desarrollo de procedimientos y actitudes científicas

Apoyándonos en el marco teórico que acabamos de exponer, intentaremos a continuación justificar el papel de las analogías en el aprendizaje procedimental y actitudinal de los alumnos. La tabla 1 recoge a modo de síntesis algunos de los procedimientos y actitudes más relevantes que la elaboración y uso de analogías puede llegar a movilizar.

Procedimientos	Actitudes
Establecimiento de similitudes y relaciones entre conceptos y/o fenómenos.	Valoración de la lógica y racionalidad de las teorías científicas por encima de planteamientos de sentido común o propios de las pseudociencias.
Identificación, reconocimiento y diferenciación de conceptos y/o fenómenos.	Reconocimiento y valoración de los modelos teóricos y teorías científicas como base para comprender la realidad.
Análisis de las partes de un sistema o de los factores que intervienen en un fenómeno.	Valoración de las ideas propias iniciales como instrumento y punto de partida de nuevos aprendizajes.
Análisis de relaciones causa-efecto entre hechos y/o conceptos.	Aceptación de las limitaciones de la Ciencia y de los modelos científicos.
Evaluación de datos a favor y en contra de las explicaciones a los hechos, modelos y teorías.	Disposición y apertura de mente ante la posibilidad de cambio en las ideas.
Aplicación de ideas ya aprendidas para generar o adquirir nuevas ideas.	
Utilización de modelos y teorías con objeto de realizar predicciones sobre fenómenos.	
Interpretación de fenómenos a partir de modelos y teorías.	
Elaboración de modelos e hipótesis explicativas.	

Tabla 1.- Algunos procedimientos y actitudes en Ciencias que pueden fomentarse a través de un uso adecuado de las analogías.

Para empezar, hemos de decir que la elaboración de una analogía mantiene un claro interés desde el punto de vista del desarrollo de destrezas científicas (Lawson, 1993), en particular, en los procesos de resolución de problemas, como ya apuntara Holyoak (1985) y, en general, en la aplicación de ideas ya aprendidas para generar o adquirir otras nuevas. Pero son otras, además, las habilidades que se ponen en juego en este ámbito como tendremos oportunidad de ver. Por su carácter

eminentemente procesual, el pensamiento analógico conlleva la aplicación y desarrollo de mecanismos tales como analizar, comparar, relacionar, sintetizar, diferenciar, etc, todos ellos claves dentro del repertorio habitual de procedimientos del curriculum de ciencias. En este sentido, y dado que los procedimientos no son algo innato sino que han de aprenderse y, consecuentemente, enseñarse de forma explícita e intencionada (Pro, 1998; Martínez-Losada y García-Barros, 2003), hemos de ver en el pensamiento analógico una forma interesante de contribuir al aprendizaje de esas habilidades.

En efecto, de un lado, la construcción de una analogía exige la identificación, reconocimiento y diferenciación de los dominios o fenómenos que se ha de comparar. Ello implica, además, el análisis de los conceptos y atributos que intervienen en el *blanco* y en el *análogo*, la identificación y selección de aquellos conceptos y atributos que, se supone, van a ser relevantes en el proceso de comparación. Finalmente, conlleva la exclusión de aquellos otros que se consideran irrelevantes para sus propósitos.

Además, el proceso continúa con la búsqueda de relaciones de distinto tipo, en primer lugar de naturaleza causal dentro del dominio fuente, y más tarde, de abstracción de semejanzas entre los dominios en comparación. Está claro, pues, que la elaboración de una analogía exige el establecimiento de similitudes y relaciones causales entre conceptos y/o fenómenos, aspectos que también juegan un papel relevante dentro del razonamiento científico y del aprendizaje de las ciencias (Acevedo, 1990).

Pero, más allá de ello, las analogías pueden resultar también útiles al elaborar predicciones sobre determinado tipo de fenómenos o también para llevar a cabo una interpretación de los mismos, aunque solo sea a un nivel figurativo desde una primera aproximación. Así mismo, resultan especialmente útiles aquellas analogías que generan los propios alumnos (Wong, 1993a,b; Kaufman, Patel y Magder, 1996; Pittman, 1999), con el propósito de activar la creatividad y la imaginación, por ejemplo, a la hora de formular y evaluar hipótesis (Lawson, 1993; Else, Ramírez y Clement, 2002).

No obstante, desde el punto de vista procedimental, el mayor interés de las analogías radica para nosotros en su potencial para desarrollar habilidades y estrategias propias de los procesos de modelización. Por esta razón, y porque hoy día uno de los principales fines de la enseñanza de las ciencias es el desarrollo de herramientas y capacidades necesarias para el proceso de modelización (Gilbert, 1993; Harrison y Treagust, 2000a), las analogías resultan un recurso interesante como mediador en el desarrollo de esas habilidades y estrategias. Sobre todo teniendo en cuenta que, a pesar de su importancia en los currícula de ciencias, lo cierto es que casi nunca se suele dedicar espacio a enseñar a los alumnos cómo construir modelos (Justi y Gilbert, 2002).

Las relaciones entre modelización y construcción de analogías parecen bastante evidentes, a tenor de lo expuesto en apartados anteriores en los que se justifica cómo la elaboración de una analogía conlleva paralelamente la construcción y/o puesta en práctica de un modelo (García-Monteiro y Justi, 2000). Además, la esencia de cualquier proceso de modelización podría considerarse de tipo analógico por cuanto analógicos son los

procesos de transferencia de significados que están en su origen (van Driel y Verloop, 1999; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998, Harrison y Treagust, 2000a). Así, por ejemplo, cuando utilizamos en las clases de ciencias un modelo molecular de bolas, una maqueta a escala para explicar el Sistema Solar, globos inflados para ilustrar la forma de distintos orbitales, o simplemente una celdilla unidad para representar el cloruro sódico, usamos esos recursos como análogos de la realidad que se quiere representar, pero no como la realidad misma (Oliva et al., 2003a).

Por otra parte, las analogías, como también ocurre con los modelos científicos y sus representaciones didácticas, tienen sus virtudes y utilidades pero también sus limitaciones (García-Monteiro y Justi, 2000). De ahí que encontrar los rasgos útiles de una analogía y sus límites de aplicación resulte un ejercicio de extraordinario valor para el desarrollo de destrezas y habilidades necesarias para la evaluación de datos a favor y en contra de los modelos y teorías. Así, en el modelo TWA de Glyn et al. (1991), se dedica una fase específica de la construcción de la analogía al estudio de las limitaciones de ésta, mientras que para Heywood y Parker (1997) las analogías sirven sobre todo como instrumento de reflexión del alumno a través del análisis y la búsqueda de los fallos y limitaciones que afectan a cada analogía.

Por tanto, las analogías han de entenderse como un recurso de indudable valor para el aprendizaje de procedimientos. Y quizás por ello, a su vez, el pensamiento analógico debería verse también como un modo de pensar espontáneo en los alumnos que convendría desarrollar y encauzar a través de su proceso de aprendizaje (Kaufman, Patel, y Magder, 1996; Oliva y Avecedo, 2004).

Pero es evidente que en la evaluación de modelos y teorías no sólo cuenta la racionalidad de los datos. Por el contrario, parece algo consustancial con el comportamiento humano el hecho de que el análisis de los conocimientos teóricos no escape de las variables emotivas y de las creencias epistemológicas, de forma que siempre va existir una conexión directa entre cognición y factores de corte actitudinal. Por esta razón ha de esperarse que el trabajo con analogías ejerza una rica aportación también en el ámbito actitudinal, como se sugiere en la tabla 1 y como trataremos a continuación de justificar.

A la hora de predecir o entender nuevos hechos y fenómenos, la fertilidad de las analogías puede ser una herramienta clave para valorar la lógica y la racionalidad del pensamiento científico y la importancia de los modelos en la construcción de las ciencias. En efecto, trabajar con analogías implica, de alguna forma, una labor semejante al uso y construcción de modelos, por lo que implica de tarea de búsqueda de conexiones entre objetos, atributos y relaciones entre ellos. Implica, por tanto, una cierta sistematicidad de pensamiento, un argumentar razones a favor y en contra como hemos visto, y con ello también una forma diferente de ver el mundo, orientada desde criterios lógicos que van más allá del pensamiento implícito de sentido común. La comprobación de las bondades de esta forma de pensar creemos que puede resultar estimulante verdaderamente en la valoración de la ciencia como forma de acceso a nuestro conocimiento sobre el mundo.

Además, el uso de un conocimiento previo del alumno como punto de partida y soporte del nuevo aprendizaje, puede constituir una vía interesante para mejorar la autoestima y la valoración del conocimiento propio. En este sentido, las analogías pueden proporcionar a los estudiantes el nivel de confort y seguridad que le permita conectar su mundo al mundo de las teorías y abstracciones (Dagher, 1994), proporcionando un soporte afectivo y motivacional para el aprendizaje (Else, Ramírez y Clement, 2002).

De otra parte, también, la toma de conciencia y la aceptación de las limitaciones que tienen las analogías, aspectos de los que ya hemos hablado, podría ser de utilidad para comprender las limitaciones y el carácter aproximativo de los modelos científicos. Se superaría con ello los problemas a los que autores como Ben-zvi y Gemut (1998) aluden, cuando reconocen que los alumnos suelen aprender los modelos y teorías científicas como descripciones o leyes absolutas de la realidad, ayudando a la vez en el proceso de humanización de la ciencia (Dagher, 1995). Con ello, indirectamente, se estará proporcionando una imagen menos dogmática de la ciencia y, con ello, contribuyendo al desarrollo de mentes más abiertas y dispuestas al cambio en las ideas preexistentes.

En resumen, puede decirse que las analogías constituyen un recurso de potencial interés también en el terreno del aprendizaje de procedimientos y actitudes científicas, trascendiendo más allá del ámbito meramente conceptual. Sin embargo, como ya se sugirió antes, los profesores por lo general tenemos una visión de la analogía como recurso simplemente dirigido al aprendizaje de conceptos, como bien apuntan los datos obtenidos en estudios como el de Jarman (1996) o uno nuestro citado ya con anterioridad (Oliva et al., 2003b). A través de ellos se pudo comprobar cómo el profesorado, al ser cuestionado sobre las ventajas del uso de analogías en el aula, suele citar sólo aspectos relacionados con el aprendizaje en dominios conceptuales, como: ayudar a comprender o clarificar conceptos y fenómenos, acercar el fenómeno a aquello que es más familiar para el alumno, convertir lo abstracto en concreto, permitir visualizar los fenómenos, etc. En nuestro estudio, por ejemplo, sólo un 8% de la muestra encuestada mencionaba aspectos relacionados con el desarrollo de la imaginación o de la capacidad de abstracción, justo la misma proporción que sugería aportaciones en el ámbito actitudinal, las cuales se ceñían solamente a factores relativos a la motivación.

Esta crítica podría extenderse también al dominio de la investigación educativa, en donde, la mayor parte de autores señalan razones de tipo conceptual para defender y justificar el uso de analogías en la clase de ciencias, aludiendo en muchas menos ocasiones a argumentos de otro tipo al estilo de los que acabamos de exponer.

A modo de síntesis

A lo largo de este artículo hemos realizado algunas reflexiones sobre las características del razonamiento analógico. Dichas características se han comparado con algunas de las concepciones y creencias que, en nuestra opinión, solemos mantener el profesorado de ciencias acerca de las mismas, lo cual se ha hecho desde un enfoque crítico y constructivo con el ánimo de

contribuir a un desplazamiento hacia posiciones más acordes y coherentes con nuevos puntos de vista.

El primer aspecto analizado se refiere al carácter interno que tiene la construcción de la analogía, como fenómeno asociado al alumno y no sólo a la explicación del profesor. El segundo aspecto alude a la naturaleza procesual de la analogía como fenómeno de transferencia de significados entre dominios, más allá de meros artefactos o contenidos prefabricados que hay que aprender para mejorar la comprensión acerca del tópico en cuestión. El tercer aspecto resalta la importancia del modelo sobre el que descansa la analogía, como mediador del proceso de transferencia analógica y como lugar de encuentro desde el que interpretar la intencionalidad y finalidad de la analogía. Finalmente, el cuarto aspecto se refiere al carácter complejo del proceso de transferencia analógica a través del modelo de la analogía, como fenómeno bidireccional e interactivo, más allá de posibles mecanismos de transposición unidireccional y simple desde el *blanco* y el *análogo*.

A partir de este marco, se han analizado algunas de las nuevas contribuciones que la investigación en didáctica de las ciencias viene proporcionando a la manera de entender y situar este recurso en el aula. Por ejemplo, se ha resaltado el valor de las analogías en el desarrollo de procedimientos y actitudes científicas en los alumnos, sobre todo cuando la analogía se concibe como un proceso creativo a desarrollar por los alumnos a través de actividades que realizan en pequeño grupo, de una forma guiada por el profesor y los materiales de aprendizaje. En este contexto, la analogía no es concebida como un eslabón puntual en el discurso del aula, sino como un elemento recurrente al que se puede apelar en distintas fases de la intervención. Una misma analogía se podría usar de forma repetida en distintos momentos de la enseñanza, con objeto de representar diferentes aspectos del *blanco* bajo estudio. Como también se podría recurrir a diferentes analogías en un mismo momento, al objeto de demarcar de forma más clara el modelo de fondo que se intenta representar.

En resumidas cuentas, las implicaciones didácticas que se desprenden de este trabajo están en línea con situar las analogías en un modelo de intervención basado en el aprendizaje como proceso de construcción personal e interpersonal (Oliva et al., 2001), aspecto éste que ya ha venido a revelar algunos resultados prometedores en los primeros intentos realizados para concretar sus propuestas en diseños y materiales de enseñanza específicos (Oliva et al., 2003a). Esperamos en el futuro continuar aportando datos en esta dirección, y contribuir desde aquí a la consolidación de propuestas sugerentes que hagan más útil y constructivo el uso de analogías en el aula.

Referencias bibliográficas

Acevedo, J.A. (1990). Aportaciones acerca del aprendizaje por analogía: modelos analógicos y conceptuales de la corriente eléctrica. En Grupo de Investigación en la Escuela (Comps.), *Cambio educativo y desarrollo profesional*, pp. 201-208. Sevilla.

Aragón, M^a.M.; Bonat, M.; Cervera, J.;, Mateo, J. y J.M^a. Oliva (1998). Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la Física y de la Química. En E. Banet y A. de Pro (coords.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. La pobla de Segur: DM.

Ben-Zvi, N. y S. Gemut (1998). Uses and limitations of scientific models: the Periodic Table as an inductive tool. *International Journal of Science Education*, 20(3), 351-360.

Brown, D.E. (1994). Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. *International Journal of Science Education*, 16(2), 201-214.

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

Ceacero, J.; González-Labra, M^a.J. y P. Muñoz-Trillo (2002). *Aplicaciones de la analogía en la educación*. Sevilla: Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring limitations to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.

Cudmani, L.C.; Pesa, M.A., y J. Salinas (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 3-13.

Curtis, V. y C.M. Reigeluth (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.

Dagher, Z.R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 78(6), 601-614.

Dagher, Z.R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.

Driel, J.H. van y N. Verloop (1999). Teachers' knowledge and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.

Duit, R. (1996). The constructivist view in science education, what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1). En: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/3artigo.htm>.

Duit, R.; Roth, W.M.; Komorek, M. y J. Wilbers (1998). Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning science. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1059-1074.

Else, M.J.; Ramírez, M.A. y J. Clement (2002). When are analogies the right tool? A look at the strategic use of analogies in teaching cellular respiration to middle-school students. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.). *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*. Charlott, North Carolina.

Fernández, J.; González, B. y T. Moreno (2003). Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, nº 35, 82-89.

Galagovsky, L. y A. Adúriz-Bravo (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

García-Monteiro, I. y R.S. Justi (2000). Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2). En: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n2/v5_n2_a1.htm.

Gentner, D. (1983). Srtructure-mapping. A theoretical franework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.

Gick. M.L. y K.J. Holyoak (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.

Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y J. Martínez-Torregrosa (1996). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.

Gilbert, J.K. (1993). *Models and modelling in science education*. Hatfield, UK: Association for science education (citado por Harrison y Tregust, 2000).

Gilbert, J.K., Boulter, C. y M. Rutherford (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.

Glyn, S.M. (1991). Explaining science concepts: A teaching with analogies model. In S.M. Glyn, R.H. Yeany y B.K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Glyn, S.M., Britton, B.K., Semrud-Clikerman, M. y K.D. Muth (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J.A. Glover, R.G. Ronning y C.R. Reynolds (Eds.). *A handbook of creativity: Assesment, research and theory*. New York; Plenum.

González. B. (2002). *Las Analogías en el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.

González-Labra, M^a.J. (1997). *Aprendizaje por analogía: análisis del proceso de inferencia analógica para la adquisición de nuevos conocimientos*. Trotta: Madrid.

Greca, I.M. y M.A. Moreira (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.

Harrison, A.G. y D.F. Treagust (2000a). A tipology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Harrison, A.G. y D.F. Treagust (2000b). Learning about atoms. Molecules and chemical bonds: a case study of multiple model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352-381.

Heywood, D. y J. Parker (1997). Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning electricity. *International Journal of Science Education*, 19(8), 869-885.

Hodson, D. (1992). In search on meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(3), 541-562.

Holland, J.H.; Holyoak, K.J.; Nisbett, R.E. y P.R. Thagard (1986). *Induction: processes of inference, learning and discovery*. Cambridge, Mass: The MIT Press.

Holyoak, K.J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. *Psychology of Learning and Motivation*, 35(4), 193-217.

Holyoak, K.J.; Junn, E.N. y D.O. Billman (1984). Development of analogical problema-solving skill. *Child Development*, 55, 2042-2055.

Jarman, R. (1996). Student teachers' use of analogies in science instruction. *International Journal of Science Education*, 18(7), 869-880.

Justi, R. y J.K. Gilbert (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

Kaufman, D.R., Patel, V.L y S.A. Magder (1996). The explanatory rol of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18(3), 369-386.

Lawson, A.E. (1993). The importance of analogy: a prelude of special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.

Marín, N. (2003). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-78.

Martínez-Losada, C. y S. García-Barros (2003). Las actividades de Primaria y ESO incluidas en libros escolares. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 243-264.

Moreira, M.A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3). En: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>

Oliva, J.M^a. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso en el aula (en línea). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. En: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art2.pdf>

Oliva, J.M^a; Aragón, M^a.M.; Mateo, J. y M. Bonat (2001) Una propuesta didáctica, basada en la investigación, para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 2001, 453-470.

Oliva, J.M^a; Aragón, M^a.M.; Bonat, M. y J. Mateo (2003a). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.

Oliva, J.M^a; Aragón, M^a.M.; Mateo, J. y M. Bonat, M (2003b). Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías (en línea). Versión electrónica de la *Revista Iberoamericana de Educación*. Sección "de los lectores". En: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/428Oliva.pdf>

Pittman, K.M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.

Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W., y W.A. Gertzog (1982). Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

Pro, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.

Reid, D.J. y D. Hodson (1989). *Science for all* (Londres: Casell). Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*. Madrid: Narcea.

Sternberg, R.J. (1977). Component processes in analogical reasoning. *Psychological Review*, 84(5), 353-378.

Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21-25.

Thagard, P. (1992). Analogy, explanation and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 537-544.

Thiele, R.B. y D.F. Treagust (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74.

Thiele, R.B. y D.F. Treagust (1995). Analogies in Chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-795.

Thiele, R.B.; Venville, G.J. y D.F. Treagust (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.

Treagust, D.F.; Duit, R.; Joslin, P. y I. Lindaver (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.

Wilbers, J. y R. Duit (1999). On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. *Proceedings of the Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*. Kiel, Germany.

Wong, E.D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380.

Wong, E.D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1271.

ⁱLa metáfora constituye un instrumento del lenguaje en el que se sustituye un elemento del objeto por otro del análogo utilizando una relación de identidad en un sentido figurado. Por ejemplo, constituye una metáfora considerar al átomo como "un pudín de pasas".

ⁱⁱ En el símil se mencionan los dos sistemas que se comparan, pero no se especifican detalles acerca de cuáles son los elementos de cada uno que se relacionan. No se llegan a emparejar de forma explícita todos los elementos del objeto y del análogo para hacer más clara la comparación. Parte de la analogía queda en forma tácita.