

QUÉ CONOCIMIENTOS PROFESIONALES DEBERÍAMOS TENER LOS PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE EL USO DE ANALOGÍAS

José M^a Oliva

IES Fuerte de Cortadura, Cádiz (España) y
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz (España)
josemaria.oliva@uca.es

[Recibido en Septiembre de 2007, aceptado en Noviembre de 2007]

RESUMEN^(Inglés)

En este trabajo se efectúa un análisis sobre el conocimiento profesional deseable de los profesores de ciencias acerca de las analogías como recurso educativo. Con tal fin, se discuten algunos aspectos teóricos a tener en cuenta cuando se usan analogías en la clase de ciencias, así como algunos otros relacionados con las destrezas o conocimientos en acción que los profesores deberíamos tener en esos casos. Todo ello en consonancia con las conclusiones que se derivan de la investigación educativa.

Palabras claves: analogías; conocimientos profesionales; enseñanza de las ciencias; profesorado de ciencias.

INTRODUCCIÓN

Hace unos años llegó a nuestras manos un interesante artículo sobre el conocimiento profesional deseable de los profesores de ciencias (Gil, 1991). Muchas de sus conclusiones podrían ser útiles para caracterizar los saberes necesarios para un docente ante cualquier proceso de enseñanza, entre ellos los que implican el trabajo con analogías. No obstante, en este trabajo intentaremos referirnos a los aspectos más específicos y peculiares relacionados con el uso de analogías en la clase de Ciencias. Concretamente, efectuaremos un análisis en torno a las dimensiones principales que caracterizan el conocimiento profesional deseable de los profesores de ciencias sobre las analogías como recurso de aula, y sobre cómo éstas deben emplearse.

Las analogías son comparaciones entre nociones o fenómenos que presentan una cierta semejanza entre sí. Por ejemplo, recurrimos a una analogía cuando comparamos las ecuaciones del campo electrostático con las del campo gravitatorio, cuando explicamos el significado de la entropía aludiendo al desorden de una habitación o cuando asemejamos el comportamiento del núcleo atómico con el de una gota líquida. El nuevo dominio objeto de comprensión se denomina *blanco*, mientras el que sirve de referencia se denomina *fuente* o *análogo*.

Son pocos los estudios que analizan cómo los profesores usamos analogías en nuestra práctica habitual (Duit, 1991). Sin embargo, todo indica que las mismas no siempre son concebidas y usadas de un modo acorde con las implicaciones de la investigación educativa (Duit, 1991; Dagher, 1995; Oliva et al., 2001; Oliva, Azcárate y Navarrete, 2007). Ello lleva a la necesidad de reflexionar sobre lo que deberíamos saber y saber hacer los profesores de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula.

QUÉ DEBERÍAMOS SABER LOS PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE LAS ANALOGÍAS

A continuación aportamos una relación comentada de algunos de los aspectos más importantes que los profesores de ciencias deberíamos conocer sobre las analogías, teniendo en cuenta la investigación e innovación educativa desarrollada en los últimos veinte años.

Distinguir las analogías de otros recursos

En ocasiones se observa una cierta confusión entre las analogías y otros recursos didácticos, como los modelos, los ejemplos o los experimentos mentales. Desde nuestro punto de vista, y aun reconociendo los profundos lazos de relación que existen entre todos ellos (Nerssesian, 1999, 2002), superar estas confusiones debe resultar esencial tanto para investigadores como profesores.

Los experimentos mentales son experimentos dirigidos mentalmente, sin necesidad de que se ejecuten, con el objetivo de extraer conclusiones acerca de una situación o fenómeno dado (Gilbert y Reiner, 2000). Ejemplos de razonamientos de este tipo los encontramos en "el diablillo de Maxwell", "el gato de Schrödinger" o algunos de los razonamientos empleados por Galileo. Comparten con las analogías el uso de elementos gráficos y visuales, siendo frecuente que ambos se acompañen de dibujos e ilustraciones. De ahí quizás una de las fuentes del error. También puede ser foco de la confusión el hecho de que cualquier analogía demande la actividad imaginativa del sujeto e incluso que éste dirija mentalmente algún tipo de experimento. Así mismo, en ocasiones, los experimentos mentales se acompañan de exaltaciones alegóricas próximas al razonamiento analógico. Pero, en definitiva, se tratan de estrategias distintas. Lo que caracteriza a la analogía es la existencia de una comparación, mientras que lo que caracteriza al experimento mental es que su realización se efectúa sólo de un modo mental o figurado.

A pesar de las diferencias, y como ya adelantamos antes, tanto las analogías como los experimentos mentales constituyen herramientas necesarias para el cambio conceptual, constituyendo ambas formas de razonamiento claves en los procesos creativos que conducen a las nuevas ideas, tanto en el pensamiento científico como en el del alumno.

Justificar el interés de las analogías en la comunicación humana y en la enseñanza de las ciencias, en particular

Un aspecto importante para el profesor es conocer y compartir los motivos de interés de las analogías en la comunicación, particularmente, en la educación científica. Sólo

en la medida en que el profesor asuma y comparta esos objetivos, estará en condiciones de ponerlas en práctica de un modo crítico. En este sentido, son múltiples los motivos que se han expuesto para justificar el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. A continuación se exponen algunos de ellos (Duit, 1991; Oliva, 2003):

- i. Ayudan a comprender o clarificar conceptos y fenómenos.
- ii. Acercan el fenómeno a aquello que es más familiar para el alumno.
- iii. Convierten lo abstracto en concreto.
- iv. Ayudan a visualizar los fenómenos a través imágenes.
- v. Fomentan la capacidad de abstracción y desarrollan la imaginación.
- vi. Pueden servir como instrumento de motivación.

Como el lector observará, estos argumentos no son independientes sino estrechamente interrelacionados. Así, convertir en concreto un concepto que es abstracto puede conseguirse visualizándolo a través de una imagen. Ello servirá además para hacer el concepto más familiar y comprensible. Por ejemplo, podemos utilizar la analogía de la “cadena de bicicleta” para ilustrar la naturaleza continua de la circulación de la corriente eléctrica (Figura 1). Con ello, estaremos visualizando la circulación de electrones en un circuito, que es compleja y abstracta, mediante el movimiento de una sucesión de eslabones que giran al unísono, que es una imagen clara, familiar, concreta y posiblemente atractiva para los alumnos.

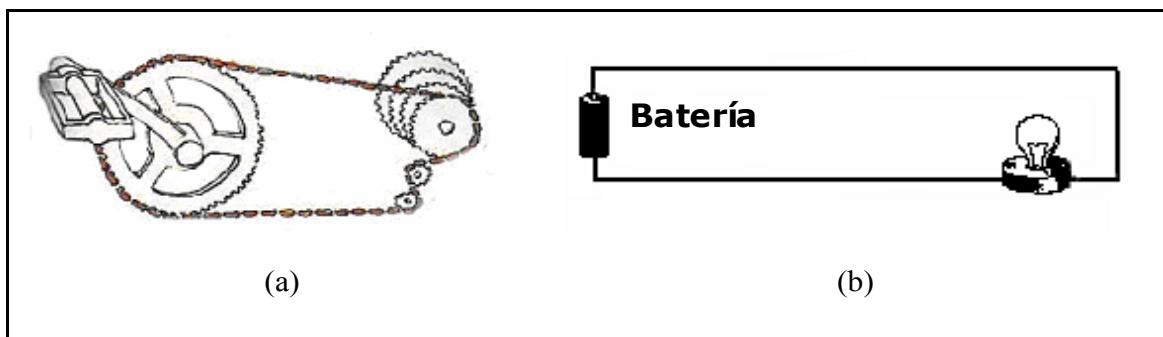


Figura 1.- Analogía entre el movimiento de la cadena de una bicicleta (a) y la circulación de corriente eléctrica (b).

Conocer casos históricos de analogías y de razonamientos analógicos claves en la construcción de las ciencias

Diversos autores han señalado el interés de la historia de la ciencia en la enseñanza y en la formación del profesorado (Matthews, 1988; Gil, 1991). Los argumentos aportados para ello son variados, entre ellos algunos relacionados con: i) una mejor comprensión de las teorías científicas y de la naturaleza de la ciencia, ii) una sensibilización sobre las dificultades que pueden encontrar los alumnos en su aprendizaje, o iii) un acercamiento a contextos y situaciones problemáticas de potencial interés para el cambio conceptual de los alumnos.

Es de esperar, por tanto, que un conocimiento sobre casos históricos en los que el pensamiento analógico haya influido en el desarrollo del conocimiento, sea un instrumento de interés para el profesor de ciencias. En este sentido, se han publicado diversos trabajos que destacan el papel de las analogías en científicos como Kepler, Tartaglia, Galileo, Newton, Faraday, Maxwell, Kekulé, Darwin, Rutherford, entre otros (Gentner et al., 1997; Nersessian, 1999, 2002; Oliva, 2004a,b; Oliva y Acevedo, 2004; Acevedo, 2004; Justi y Gilbert, 2006, etc.). Por ejemplo, la analogía entre la gravedad y las fuerzas entre imanes es famosa históricamente, pues forma parte de la idea de gravedad que tenían autores como Gilbert o Kepler (Oliva, 2004a). Para dichos autores, la fuerza gravitatoria y la magnética eran la misma fuerza. Dicha analogía estuvo también presente en algunos argumentos aportados después por Newton y por Euler, aunque en este caso la analogía deja de ser literal y se convierte sólo en una metáfora (Oliva, 2004b). Otro ejemplo lo tenemos en las nocións elaboradas por Newton sobre "simpatía" o "antipatía química", nocións precursoras de lo que después sería la noción de "afinidad química"¹.

Estos casos, y muchos otros, son episodios interesantes de la historia de la ciencia que todo profesor de ciencias debería conocer. Particularmente si las analogías forman parte del bagaje de recursos que suele utilizar en el aula.

Conocer los mecanismos del aprendizaje por analogía

Comprender cómo los alumnos generan la analogía implica superar el modelo de alumno como "caja negra" y obliga a profundizar en los mecanismos de razonamiento analógico.

Al hablar de analogías desde el punto de vista escolar, puede uno referirse a dos cosas distintas. De un lado, se puede aludir al estímulo externo que utiliza el libro de texto o el profesor en su discurso, como parte del repertorio de recursos utilizados. De otro, podría pensarse en la analogía como fenómeno interno, esto es, como proceso que se activa en el alumno como resultado de su interacción con el profesor o el libro de texto. Es en este otro contexto en el que hemos de situarnos si queremos comprender los mecanismos del pensamiento analógico, sus virtudes y dificultades.

Al evocar la analogía partimos de una noción previa del alumno sobre el blanco, una noción sobre el análogo y un conjunto de recursos didácticos usados por el profesor o el texto a lo largo de sus explicaciones: descripción verbal de la analogía, el dibujo de un circuito hidráulico cuando se explican los circuitos eléctricos, el dibujo de un ratón corriendo por debajo de una alfombra para ilustrar la dualidad onda-corpúsculo o una maqueta a escala para explicar el Sistema Solar. Usamos esos recursos como estímulos para desencadenar el pensamiento analógico en el alumno (Figura 2).

En este marco, la comprensión del alumno sobre un contenido dado depende, de un lado, del uso de analogías adecuadas por parte del texto y del profesor. Pero también, de otro, la interpretación que el alumno hace de la analogía proporcionada depende, a su vez, de la noción previa sobre el blanco de la que éste parte. Dicha noción proporciona al alumno un contexto inicial que le permite dar un sentido determinado a

¹Por cierto, hoy día, curiosamente, parece que a esta analogía se le ha dado la vuelta y se llega a hablar de "química" para referirse al grado de compenetración y buena relación entre las personas.

la analogía, entre los muchos posibles, induciéndole a fijar su atención en unas relaciones y no en otras a la hora de interpretar la misma.

En consecuencia, la construcción de la analogía debe entenderse como una tarea compleja que no se verifica de una forma lineal y unidireccional, sino a través de la interacción entre el objeto y el análogo. Remitimos al lector interesado en profundizar en estas ideas a la abundante bibliografía existente en este campo (Glyn, 1991; Duit, 1991; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Oliva y Aragón, 2007).

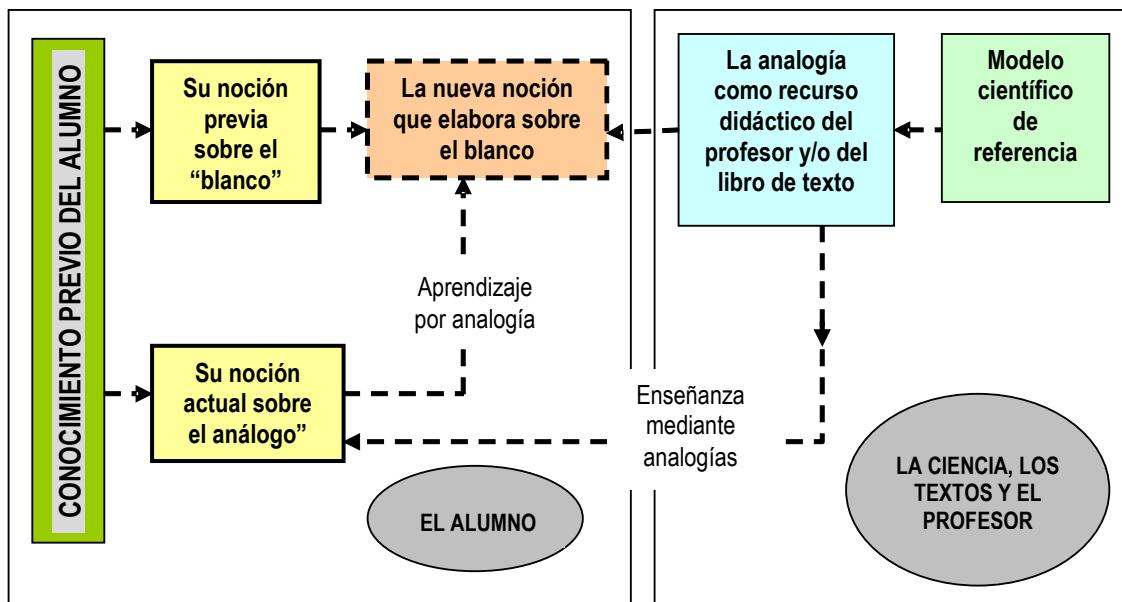


Figura 2.- Marco para situar la analogía en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Asumir la naturaleza procesual del pensamiento analógico

La elaboración de una analogía tiene un claro interés desde el punto de vista del desarrollo de destrezas científicas (Lawson, 1993). En particular, en la resolución de problemas y en la aplicación de ideas ya aprendidas para generar otras nuevas.

Además, el pensamiento analógico conlleva la aplicación de procesos como analizar, comparar, relacionar, sintetizar, diferenciar, etc. Todos estos procesos son claves dentro del repertorio habitual de procedimientos del currículum de ciencias. Pero, además, las analogías pueden resultar útiles para elaborar predicciones y para desarrollar habilidades y estrategias propias de los procesos de modelización.

Por otra parte, las analogías, como también ocurre con los modelos científicos, tienen sus virtudes pero también sus limitaciones. De ahí que encontrar los rasgos útiles de una analogía y sus límites de aplicación resulte un buen entrenamiento para aprender a juzgar el valor de los modelos y las teorías de la ciencia (Glyn et al., 1991; Heywood y Parker, 1997). En efecto, la toma de conciencia y la aceptación de las limitaciones que tienen las analogías, podría ser útil para comprender las limitaciones y el carácter aproximativo de los modelos científicos. Con ello, indirectamente, se estará proporcionando una imagen menos dogmática de la ciencia y contribuyendo al desarrollo de mentes más abiertas y dispuestas a cambiar los prejuicios y las ideas preexistentes.

Valorar la actividad del alumno y el papel regulador del profesor

La literatura existente sugiere que una de las principales limitaciones que las analogías han tenido, ha estado en los procedimientos sobre los que se ha fundamentado su empleo. La mayoría de veces la metodología empleada ha concedido un escaso papel al alumno en su proceso de elaboración. Casi siempre eran enfocadas como artefactos que inventa el profesor y trasmite a los alumnos. Sin embargo, si tenemos en cuenta las premisas constructivistas del aprendizaje que señala Driver (1986), debemos asumir que “aprender implica construir activamente significados”. Coherently con ello, nos decantamos por la opción de concebir la analogía como algo que se genera a través de actividades. Con ello se pretendería prestar más tiempo y esfuerzo a que los alumnos den sentido a la analogía desarrollada.

No obstante, es claro que no toda analogía puede considerarse de utilidad educativa. De ahí la necesidad de disponer de formas de evaluar su pertinencia y utilidad. En este sentido, pensamos que la construcción de analogías por parte de los alumnos no debiera ser un proceso autónomo, sino que debiera acompañarse de un feedback constante procedente del profesor y de los materiales de aprendizaje. Además, al profesor le interesaría constatar si los alumnos encuentran similitud entre el blanco y el análogo, y si son o no conscientes de los límites de la analogía. También le interesaría evaluar si los estudiantes comprenden la analogía en el sentido deseado o si, por el contrario, la malinterpretan o la entienden en un sentido literal. No es suficiente que el profesor presente una analogía o que invite a los alumnos a que participen activamente en su elaboración. Además es necesaria una labor de seguimiento y monitorización a lo largo del proceso.

Poseer un repertorio amplio y variado de analogías bien contrastadas

Para algunos autores, una exigencia básica para un uso cotidiano y afectivo de analogías es que el profesor disponga de un repertorio bien preparado de analogías con una validez contrastada (Duit, 1991; Treagust et al., 1992).

Siempre es preferible recurrir a analogías previamente pensadas y planificadas durante la preparación de las clases que a analogías improvisadas sobre la marcha. Las analogías planificadas pueden analizarse, depurarse y seleccionarse con tiempo suficiente. Mientras tanto, las analogías inventadas sobre la marcha corren el riesgo de originar efectos indeseables al no ser el fruto de una reflexión y de un control sosegado. Con ello no pretendemos coartar la espontaneidad ni la creatividad del profesor o la de sus alumnos. Antes, al contrario, creemos que la espontaneidad y la creatividad ante situaciones imprevistas son valores positivos a cultivar en ambos casos. Lo que sí nos parece importante es que el profesor sea cuidadoso en el uso de analogías y, desde luego, crítico ante las analogías que improvisa en su aula.

QUÉ DEBERÍAMOS SABER HACER LOS PROFESORES DE CIENCIAS ANTE EL USO DE ANALOGÍAS

Aunque el conocimiento del profesor acerca de cualquier estrategia o recurso de enseñanza es un requisito para un buen uso del mismo, no es una condición suficiente. Al lado de ese conocimiento, que podríamos denominar “potencial”, es

preciso disponer de guiones y rutinas que posibiliten una buena aplicación y adaptación a la práctica de ese conocimiento. Veamos cuáles son algunos de estos esquemas de acción.

Seleccionar buenas analogías

Esto implica analizar cuáles son los análogos que deberían elegirse en cada caso, y cuáles son las relaciones que han de establecerse entre ellos y el blanco. Con respecto a este punto, a continuación extraemos de la bibliografía algunas pautas o condiciones que deberían cumplir las analogías (Duit, 1991; Oliva et al., 2001):

- i) El análogo debe ser más accesible que el objeto, en el sentido que debe referirse a una situación con la que los alumnos se encuentren más familiarizados.
- ii) La analogía debe ser concreta y, en consecuencia, debe poder representarse a través de una imagen o de algo tangible.
- iii) El análogo empleado debe simplificarse todo lo posible. No se trata de representar mediante un mismo análogo todos y cada uno de los rasgos del objeto.
- iv) La semejanza entre los fenómenos que se comparan no debe ser ni demasiado grande ni demasiado pequeña. Si ambas son muy distintas, los alumnos pueden tener dificultades para encontrar relaciones entre ambas, pero si son demasiado parecidas, la analogía podría ser poco estimulante.
- v) Se debe evitar el empleo de análogos ante los cuales los alumnos dispongan de concepciones alternativas o actitudes poco favorables

De particular interés sería contemplar toda esta gama de criterios en aquellos casos en los que el profesor improvisa una analogía durante su intervención en el aula, según lo dicho anteriormente.

Analizar las limitaciones de las analogías empleadas

Como se ha dicho antes, un aspecto importante consiste en analizar con los alumnos las limitaciones de cada analogía que se aborda en el aula. Dicho ejercicio comporta una etapa previa de análisis y reflexión por parte del profesor que, en ocasiones, puede resultar compleja.

Por ejemplo, si utilizamos el símil del circuito hidráulico para ilustrar los circuitos eléctricos, una limitación sería la interpretación de la corriente alterna. En efecto, conviene hacer ver a los alumnos que, en el símil hidráulico, el agua fluye siempre en un mismo sentido, mientras en la corriente alterna no es posible hablar de un flujo neto de carga, aunque sí de un transporte de energía.

Otro ejemplo lo encontramos en la comparación que suele establecerse entre fuerzas gravitatorias y magnéticas. He aquí algunas precisiones que habría que aclarar al respecto:

- i) Ambos fenómenos responden a fuerzas de naturaleza diferente.
- ii) Las fuerzas gravitatorias son siempre atractivas, las magnéticas pueden ser atractivas o repulsivas.

iii) Todos los cuerpos manifiestan propiedades gravitatorias, aunque sólo sean importantes cuando se tratan de cuerpos de masa considerable. No obstante, no todo los cuerpos manifiestan propiedades magnéticas, aunque cuando se éstas producen son de mayor intensidad comparativamente.

iv) Aunque la masa es una propiedad aislable, es imposible aislar polos magnéticos puros.

En general, si las analogías son tratadas de esta manera, estableciendo claramente cuáles son los límites de validez, puede no resultar ya tan importante si la analogía es "buena" o no en sí. En cualquier caso estaremos desarrollando el juicio crítico de los alumnos y su capacidad para interpretar autónomamente el sentido de cada analogía.

Diseñar actividades para la elaboración y aplicación de analogías

Dada la importancia del papel activo del alumno en la elaboración de cualquier conocimiento, surge la pregunta de ¿cómo transformar en actividad una analogía convencional como las que aparecen en los libros de texto? O lo que es lo mismo, ¿cómo convertir una analogía en una tarea a resolver por los alumnos? Aunque no existen recetas para esta pregunta, y sin ánimo de ser exhaustivos, a continuación ofrecemos un pequeño catálogo de soluciones posibles (Oliva, 2006):

- i) Dada una analogía presentada oralmente o mediante un texto escrito, los alumnos han de explicitar qué han entendido a partir de ella.
- ii) Dada una analogía presentada oralmente o mediante un texto escrito, los alumnos han de realizar predicciones sobre un fenómeno o experiencia determinada utilizando el análogo como referencia. En la figura 1, por ejemplo, podríamos pedir a los alumnos que utilicen la analogía de la cadena para predecir si la intensidad de corriente será igual, mayor o menor antes que después de la bombilla.
- iii) Dada una metáfora, los alumnos han de reconstruir la analogía completa. Por ejemplo, podríamos sugerir la metáfora de la estructura de un metal como *red cristalina*, pidiéndoles a los alumnos que expliciten y desarrolle la idea.
- iv) Dada una analogía proporcionada por el profesor o un libro de texto, los alumnos deben establecer los límites de validez para la misma. Por ejemplo, podríamos preguntar a los alumnos por las limitaciones de la analogía presentada en la figura 1.
- v) Se sugiere una analogía pero se presenta de forma incompleta. Los alumnos han de completar y justificar las relaciones que se presentan. La figura 3 muestra un ejemplo en el que se plantea la analogía de la Tabla Periódica con un almanaque. En la figura 4, por otra parte, se recurre a un mapa conceptual para que los alumnos realicen la comperación y establezcan relaciones.
- vi) Diseño de analogías autogeneradas (Wong, 1993). Éstas son analogías personales que inventan los propios alumnos, individualmente o en grupos, lo que sirve al profesor para indagar en sus ideas iniciales al comenzar un tema, o como medio de recapitulación o síntesis final al terminar el mismo.

CONOCIMIENTOS PROFESIONALES SOBRE EL USO DE ANALOGÍAS

Para entender el significado y la utilidad de la Tabla Periódica, la podríamos comparar con un calendario. Del mismo modo que cada día de la semana suele ocurrirnos cosas distintas, aunque también pueden pasarnos cosas similares, también los elementos químicos suelen tener propiedades diferentes pero asimismo pueden tener algunas cosas comunes. Señala todas las similitudes y diferencias que se te ocurran entre ambos objetos.

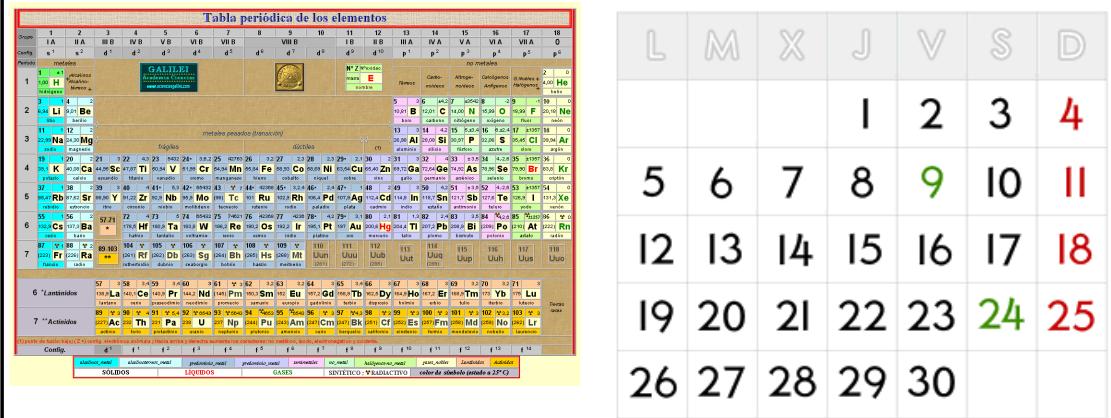


Figura 3.- Actividad planteada para la analogía de la Tabla Periódica y un almanaque.

Actividad: Lee atentamente el siguiente texto y completa a partir de él los mapas conceptuales que aparecen más abajo:

“La Tierra y el Sol se atraen mediante la fuerza gravitatoria. La gravedad es un fenómeno que actúa a distancia, es decir, entre cuerpos que no entran en contacto. Te podrá parecer algo raro, pero las interacciones a distancia son algo frecuente en tu vida. Por ejemplo, si coges dos imanes y los colocas a cierta distancia, verás que los imanes se atraen o se repelen, dependiendo de si enfrentas polos opuestos o iguales. Como puedes comprobar, los imanes actúan uno sobre el otro a cierta distancia, incluso aunque entre ellos hubiera vacío. Esta fuerza disminuye con la distancia. Del mismo modo, dos objetos colocados a cierta distancia, ejercen una fuerza gravitatoria de atracción el uno sobre el otro debido a sus masas. También en este caso la fuerza disminuye al crecer la distancia”.

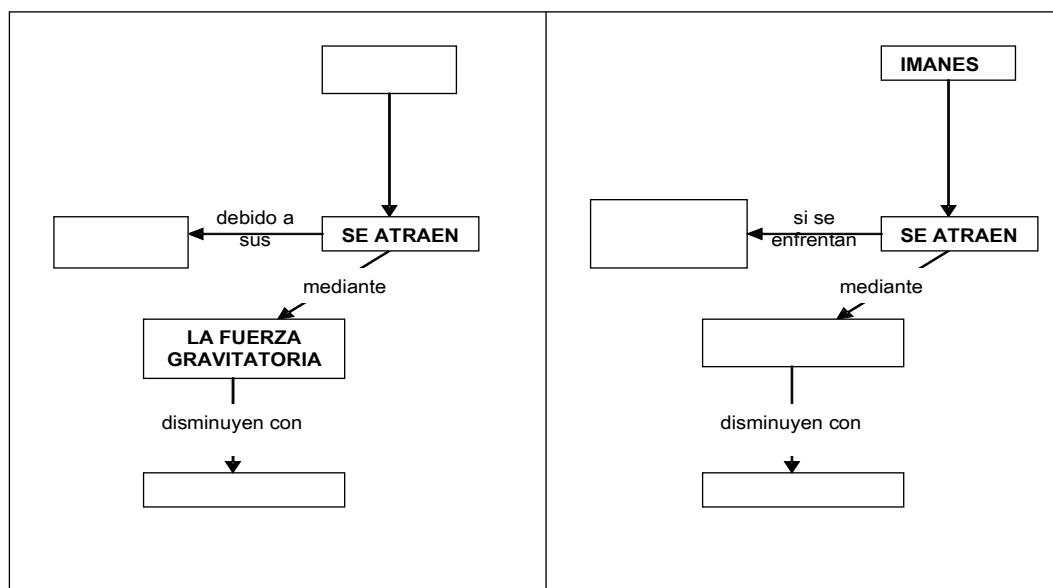


Figura 4.- Ejemplo de actividad para la elaboración de una analogía.

Elaborar tramas de actividades que integren el recurso de las analogías

Cada vez que se plantea una actividad en el aula, ésta ha de estar inmersa dentro de una trama didáctica. Es de esperar, por ello, que las actividades que planteen el uso o elaboración de analogías aparezcan insertadas en una determinada secuencia, con un hilo conductor determinado y acompañadas de actividades de muy distinto tipo.

En este sentido, sugerimos un uso combinado de analogías en distintos momentos de la intervención didáctica y según diversos fines: como "organizador previo", como "activador embebido" en el discurso del profesor o del texto, y finalmente como "sintetizador final". Las primeras de ellas deberían ser muy simples y encaminadas a aprovechar los rasgos superficiales de los fenómenos que se comparan, lo que permitiría el acceso a un primer nivel de modelación. Las analogías intercaladas en la podrían ser más complejas, dado que existiría ya un modelo que sirviese de base para la interpretación de la analogía en un sentido deseado. Finalmente, las analogías de recapitulación podrían ser las más elaboradas e irían dirigidas a consolidar el modelo que los alumnos han construido o a proporcionar algunos ajustes sobre el mismo.

Al objeto de integrar analogías dentro de una trama común, puede ser de utilidad partir de un marco general como el que Justi y Gilbert (Justi y Gilbert, 2002, Justi, 2006) proponen para los procesos de modelización. De este modo, las analogías son empleadas como una forma de desarrollar el pensamiento modelizado de los alumnos, tanto desde la perspectiva de ayudarles a aprender los modelos enseñados, como para desarrollar competencias relacionadas con la aplicación, revisión y construcción de modelos nuevos. En esta línea estamos actualmente trabajando para desarrollar propuestas de enseñanza que posibiliten el uso integral de analogías a lo largo de unidades didácticas completas en el ámbito de la química (Oliva et al., 2003; Aragón, Oliva y Navarrete, 2007; Oliva y Aragón, enviado para su publicación).

Monitorizar adecuadamente a los alumnos en la construcción de analogías

Un rasgo importante es la búsqueda de un equilibrio entre el grado de iniciativa concedida a los alumnos en la elaboración de la analogía y la labor directiva que el profesor debe ejercer para monitorizar su comprensión (Oliva et al., 2001; Oliva, Navarrete y Azcárate, 2007). Dicho equilibrio constituye un punto tan crucial como complejo, un desafío para el profesor. Si las tareas que se plantean son excesivamente abiertas, se corre el riesgo de dar por buenas interpretaciones inadecuadas que pudieran originar errores de aprendizaje. Pero si, por el contrario, se considera sólo una respuesta como posible, aquélla que previamente el profesor ha pensado o establecido, estaremos coartando la iniciativa y la creatividad del alumno.

Congeniar ambas posturas implica adoptar una situación intermedia entre ambas. Se trataría, inicialmente, de aceptar todas las hipótesis que plantean los alumnos, aunque sujetándolas luego a discusión y crítica en el aula a través del diálogo y la negociación alumno-alumno y profesor-alumno.

Integrar el uso de distintas analogías para ilustrar un mismo blanco

La elaboración de una analogía no se verifica de una forma lineal y unidireccional, sino a través de un proceso interactivo entre el blanco y el análogo. A lo largo de dicho

proceso el significado dado a la analogía se modifica de forma paulatina (Oliva et al., 2001). Debido a ello, surge la conveniencia de usar diversas analogías para ilustrar el mismo fenómeno que se quiere enseñar (Duit, 1991; Heywood y Parker, 1997).

Esta multiplicidad en el uso de analogías debería entenderse en un doble sentido. De un lado, como forma de resaltar y acotar las facetas relevantes del blanco que se pretende ilustrar. De otro, como instrumento que favorece la evolución entre distintos nociones del blanco si se usa a través de diversas analogías sucesivas. Cada una de ellas iría aportando distintos rasgos adicionales al modelo mental del alumno, o también modificando aquéllos que resulten inadecuados.

A MODO DE SÍNTESIS

En este trabajo hemos llevado a cabo un análisis sobre las dimensiones principales que caracterizan el conocimiento profesional deseable de los profesores de ciencias en torno al uso de analogías. Se exponen para ello los hallazgos y recomendaciones más importantes que se desprenden de la investigación educativa. Concretamente, hemos analizado distintos rasgos relacionados con el saber y el saber hacer, abarcando no sólo los conocimientos teóricos que el profesor debiera tener al respecto, sino también los conocimientos en acción que definen sus modos de actuación en el aula.

En el fondo de la discusión planteada, subyace un modelo de enseñanza mediante analogías que ha sido ya justificado y descrito en trabajos anteriores (Oliva et al., 2001; Oliva, Azcárate y Navarrete, 2007). Dicho modelo intenta responder a los planteamientos constructivistas de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. En él, la elaboración del significado de una analogía se entiende como el resultado de una construcción personal que ha de llevar a cabo el alumno. No de una forma autónoma sino en estrecha interacción con el profesor y otros alumnos.

Finalmente, desearíamos resaltar que uno de los elementos para juzgar la validez de las ideas que hemos manejado, consiste en mejorar los resultados obtenidos cuando las analogías puestas en juego se plantean de esta forma. En este sentido, hemos de indicar que, si bien aún es pronto para extraer resultados concluyentes al respecto, algunos de los estudios realizados parecen revelar datos prometedores en el dominio de la interpretación de fenómenos físicos y cambios de estados en la materia (Oliva et al., 2003), como también en el ámbito del cambio químico (Aragón, Oliva y Navarrete, 2007). 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 la clase de ciencias.

REFERENCIAS

Acevedo, J.A. (2007). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), En línea en <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Aragón, Mª.M.; Oliva, J.Mª. y Navarrete, A. (2007). *Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo de los modelos explicativos de los alumnos acerca del*

- cambio químico. Trabajo de investigación presentado por la primera autora para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Universidad de Cádiz.
- Dagher, Z.R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), pp. 295-312.
- Dreistadt, R. (1968). An analysis of the use of analogies and metaphors in Science. *Journal of Psychology*, 68, pp. 97-116.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (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.
- Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R., Wolff, P., Levidow, B. B., Markman, A. B. y Forbus, K. (1997). Analogical reasoning and conceptual change: A case study of Johannes Kepler. *Journal of the Learning Sciences*, 6(1), 3-40.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gilbert, R. y Reiner M. (2000). Thought experiments in science education: potential and current realization. *International Journal of Science Education*, 22, 265-283.
- 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.
- Heywood, D. y Parker, J. (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.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. En P.J. Aubusson, A.G. Harrison y S.M. Ritchie (eds.), *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Lawson, A.E. (1993). The importance of analogy: a prelude of special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.
- Matthews, M.R. (1988). A role for History and Philosophy in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 67-81.
- Nersessian, N. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En L. Magnani, N.J. Nersessian y P Thagard. *Model-based reasoning in scientific discovery*. Kluver Academic/Plenum Publishers. New Cork.

- Nersessian, N. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. En P. Carruthers, S. Skitch y M. Siegal (eds.), *The cognitive basis of science*, Cambridge University Press. N.Y.
- Oliva, J.Mª. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso en el aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. En línea en <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Oliva, J.Mª (2004a). El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo del sistema solar (Primera parte). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 30-43. en línea: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Oliva, J.Mª (2004b). El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo del sistema solar (Segunda parte). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 167-186. En línea: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Oliva, J.Mª (2006). Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 104-114. En línea: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Oliva, J.Mª y Acevedo, J.A. (2004). Pensamiento analógico y movimiento de proyectiles. Perspectiva histórica e implicaciones para la enseñanza. *Revista Española de Física*, 18(4), 56-61.
- Oliva, J.Mª; Aragón, Mª.M. (enviado para su publicación). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias.
- Oliva, J.Mª. Y Aragón, Mª.M. (2007). Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 21-41. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Oliva, J.Mª; Aragón, Mª.M.; Mateo, J. y Bonat, M. (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), 453-470.
- Oliva, J.Mª; Aragón, Mª.M.; Bonat, M. Mateo, J. (2003). 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.Mª., Navarrete, A. y Azcárate, P. (2007). Models of teaching with analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 29(1), 45-66.
- Treagust, D.F., Duit, R., Joslin, P., y Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), pp. 413-422.
- 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(4), 367-380.

WHAT PROFESSIONAL KNOWLEDGE SHOULD WE AS PHYSICS TEACHERS HAVE ABOUT THE USE OF ANALOGIES?

SUMMARY

In this paper an analysis is carried out concerning the professional knowledge desirable for physics teachers in the use of analogies as an educational resource. Within this objective, there is discussion of certain theoretical aspects which need to be borne in mind when analogies are used in physics classes, as well as other aspects connected with the skills or expertise which as teachers we should have in these cases. All this is accordance with the conclusions which derive from educational research.

Keywords: *analogies, professional knowledge; science education; science teachers.*