



Analogías y progresión del conocimiento del alumnado en la clase de ciencias

José M.^a Oliva
Lourdes Aragón
Natalia Jiménez Tenorio
Universidad de Cádiz

En este artículo se trata el papel de las analogías en la progresión del conocimiento del alumnado en contenidos científicos. Para ello se estudia, en primer lugar, su función en la evolución de los modelos explicativos del alumnado, como instrumento de avance en su comprensión del mundo. En segundo lugar, se analiza la complejidad de las analogías en función del tipo de comparaciones que establecen. De acuerdo con ello, se plantea la necesidad de graduar su uso y seleccionar cuidadosamente qué analogías se utilizan en cada nivel de educativo. Paralelamente se ofrecen ejemplos concretos con el fin de ilustrar la discusión y conectarla con la práctica de las clases de ciencias.

Palabras claves: *analogías, modelos explicativos, pensamiento analógico, progresión de conocimientos, tipos de analogías, transferencia analógica.*

Analogies and progression in students' knowledge in science class

This paper explores the role played by analogies as students' knowledge of science matters progresses. First, it studies how they influence the evolution of students' explanatory models as an instrument for helping them comprehend the world. Secondly, it analyses the varying complexity of analogies in accordance with the kind of comparisons in question. It also stresses the need to graduate their use and to carefully select which analogies to use at each level of education. Finally it gives some specific examples to illustrate the discussion and link it to teaching practice in science lessons.

Keywords: *analogies, explanatory models, analogous thought, progression of knowledge, kinds of analogies, analogous transfer.*

La idea de progresión en el conocimiento se relaciona con la posibilidad de establecer niveles sucesivos de conceptualización en el conocimiento en un dominio dado, según un itinerario de complejidad creciente que favorezca la comprensión del alumnado (Adey, 1997). Se trataría con ello de «ayudar a los alumnos a cubrir un cierto número de pequeñas etapas que les conduzcan a la adquisición de grandes ideas, teniendo en cuenta que algunas de ellas pueden plantear dificultades importantes» (Prieto, Blanco y Bredo, 2002, p. 5). Esta forma de enten-

der el aprendizaje descansa sobre dos condiciones necesarias para la construcción de conocimientos. De un lado, que exista una evolución significativa en el conocimiento, de modo que en cada tránsito podamos identificar dimensiones del conocimiento que varían de una fase a la siguiente. De otro, que cada tránsito conlleve una cierta continuidad, con el fin de garantizar que no se produzcan grandes desniveles y que cada salto sea viable. Por tanto, la idea de progresión se traduciría en cambios parciales cuando el aprendizaje se visualiza a corto plazo, y en cambios



Las analogías son herramientas útiles a la hora de favorecer ese doble requisito de evolución y continuidad en el conocimiento, al plantearse para generar progresos en la comprensión, pero utilizando el conocimiento propio como punto de partida

drásticos si se contempla en conjunto a más largo plazo.

En este contexto, las analogías son herramientas útiles a la hora de favorecer ese doble requisito de evolución y continuidad en el conocimiento, al plantearse para generar progresos en la comprensión, pero utilizando el conocimiento propio como punto de partida. En este sentido las analogías constituyen comparaciones entre conceptos, fenómenos o modelos explicativos de distinto ámbito que se consideran similares entre sí. El dominio mejor conocido se denomina «fuente» o «análogo», mientras que el destino de aprendizaje se denomina «objeto» o «blanco». El cuadro 1 ofrece ejemplos de analogías frecuentes.

Pero la investigación y la experiencia han mostrado que el alumnado no siempre interioriza las analogías en el sentido deseado, que a veces las interpreta en un sentido literal y las usa más allá de lo esperado, lo que origina confusión (Oliva y otros,

2001). Así las cosas, conviene calibrar la complejidad y dificultad de las analogías que se proponen en la enseñanza, aplicando criterios de progresión.

En este trabajo se trata el papel de las analogías en la progresión del conocimiento del alumnado en esta doble vertiente:

- Como instrumento de avance en la comprensión de contenidos.
- Como recurso que, a su vez, ha de estar sujeto a un análisis crítico que seleccione analogías adecuadas en función de la edad y del nivel escolar.

■ Las analogías y su contribución a la progresión del conocimiento

Un aspecto importante de la discusión es la demarcación del papel de las analogías en la progresión del conocimiento del alumnado en un dominio específico.

El alumnado a veces interpreta las analogías en un sentido literal y las usa más allá de lo esperado, lo que origina confusión. Así, conviene calibrar la complejidad y dificultad de las analogías que se proponen, aplicando criterios de progresión

| Objeto o blanco | Fuente o análogo |
|---------------------------|---|
| Dualidad onda-corpúsculo. | Un ratón corriendo por debajo de una alfombra. |
| Enlace químico. | Un muelle elástico. |
| Antígeno-anticuerpo. | Llave-cerradura. |
| Tiempo geológico. | Equivalencia relativa en tiempo de sucesos en un año. |

Cuadro 1. Ejemplos de analogías propuestas usadas en la enseñanza de las ciencias

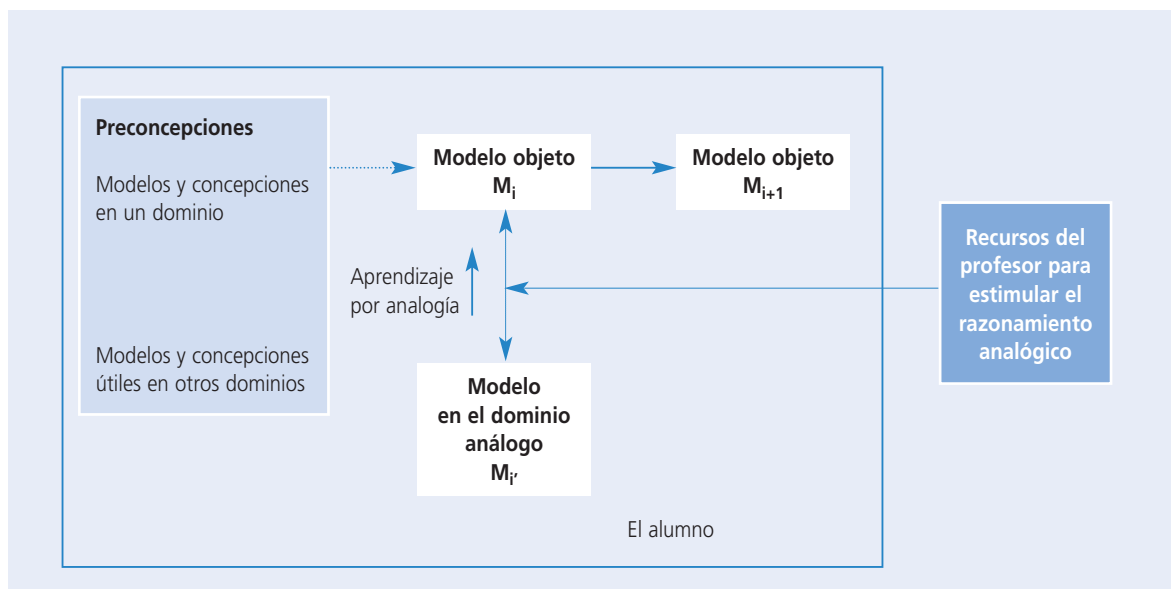
Según Clement (2000), el aprendizaje consiste en la evolución sucesiva de los modelos del alumnado, adoptando como referente el modelo de la ciencia escolar. La continuidad entre modelos intuitivos y los modelos nuevos que se deben aprender puede producirse, según este autor, gracias a la existencia en el alumnado de concepciones iniciales útiles que pueden servir de anclaje de los nuevos modelos generados. En este marco hemos de entender el papel de las analogías, por su capacidad para conectar con lo que el alumnado ya sabe y hacer comprensibles las nuevas ideas que propone el profesor (Posner y otros, 1982). De esta forma, como ha mostrado Dagher (1994), las analogías pueden cumplir una función relevante en el proceso de cambio conceptual mediante la consecución de pequeños cambios consecutivos que, más tarde, podrían ayudar a precipitar cambios sustanciales en el alumnado.

Al evocar la analogía, partimos de un modelo explicativo previo que tendrá el alumno sobre

Las analogías pueden cumplir una función relevante en el proceso de cambio conceptual mediante la consecución de pequeños cambios consecutivos que, más tarde, podrían ayudar a precipitar cambios sustanciales en el alumnado

la situación objeto (M_i), un modelo de la situación análoga (M_i') y un conjunto de recursos en manos del profesor para estimular el razonamiento analógico que culminará en un nuevo modelo (M_{i+1}). Dichos recursos consistirán en imágenes, modelos analógicos, símiles y metáforas, experimentos mentales, simulaciones por ordenador, etc. (cuadro 2).

Siguiendo un posible itinerario de progresión entre modelos explicativos, las analogías vendrían a constituir algo así como un puente



Cuadro 2. El papel de las analogías en la progresión de los modelos de los alumnos

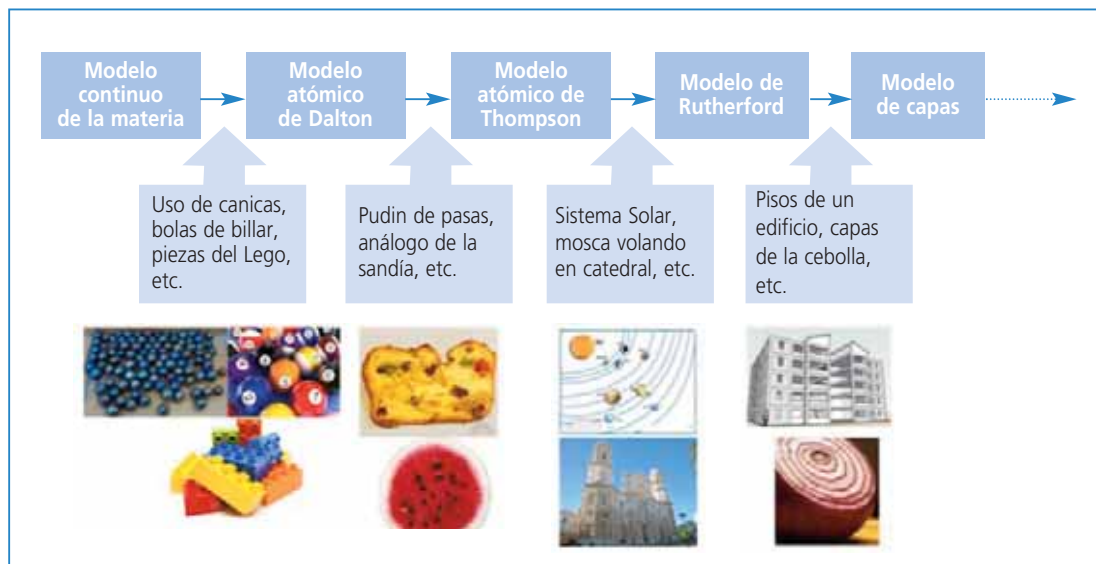
Las analogías vendrían a constituir algo así como un puente entre lo que el alumnado ya sabe y el nuevo conocimiento

entre lo que el alumnado ya sabe y el nuevo conocimiento. Para que el alumnado pueda conectar el modelo objeto con el análogo, ambos deben compartir rasgos superficiales sobresalientes, que sirvan para atrapar la atención del alumnado y garantizar la continuidad. Por ejemplo, en la comprensión de la periodicidad de las propiedades de los elementos químicos una analogía interesante es la comparación de la tabla periódica con un calendario (Oliva, 2011). Del mismo modo que los acontecimientos que nos ocurren cada día se repiten cada semana, las propiedades se repiten aproximadamente en cada período de la tabla. Aunque el objeto de extrapolación en la analogía lo constituye la idea de periodicidad, el

hecho de que tabla periódica y calendario compartan una apariencia similar (filas, columnas, números, colores, etc.) favorece la comparación y la transferencia analógica en el sentido deseado.

Una misma analogía puede ser utilizada en distintos momentos del aprendizaje para favorecer la progresión a través de distintas etapas. También sería posible recurrir a más de una analogía con el fin de favorecer la evolución entre distintos modelos, si se usan de un modo encadenado en fases sucesivas.

En el cuadro 3 se recoge un ejemplo emblemático de uso de analogías múltiples. Como puede verse, su finalidad es la de facilitar la comprensión de distintos modelos atómicos, un dominio de notable dificultad y confusión (Cid y Dasilva, 2012). En la primera etapa se trataría de pasar de un modelo continuo de materia a otro discreto, que incorpore las primeras ideas atomistas, para lo cual pueden emplearse objetos próximos de la vida diaria como canicas, bolas de billar, piezas del Lego, etc. En la segunda etapa se



Cuadro 3. Uso de analogías múltiples para el aprendizaje de los modelos atómicos

promovería un tránsito desde un modelo de átomo macizo a otro de naturaleza divisible en el que se perciban distintas partes. Para este salto son clásicas las analogías del pudín de pasas o de la estructura de la sandía, sistemas en los que las pasas o las pepitas serían los electrones incrustados dentro de una gran masa positiva. En la tercera fase, la comparación del átomo con un sistema solar en miniatura podría servir para sugerir el modelo de Rutherford, mientras que la comparación del tamaño de una mosca con una catedral podría servir para visualizar una escala proporcional de valores entre el tamaño del átomo y el de un electrón. Finalmente, la analogía del átomo con un edificio o con la estructura de una cebolla podría servir para introducir los primeros modelos cuánticos.

■ Naturaleza de las analogías y progresión en el razonamiento analógico

Existe un catálogo extenso de analogías usadas en todas las etapas educativas. Aunque ha existido cierta controversia sobre la edad a partir de la cual el alumnado puede usar el razonamiento analógico, los estudios más recientes establecen que este está presente en todas las edades. No obstante, existen cambios en este tipo de razonamiento con la maduración, por lo que no todas

Una misma analogía puede ser utilizada en distintos momentos del aprendizaje para favorecer la progresión a través de distintas etapas. También sería posible recurrir a más de una analogía con el fin de favorecer la evolución entre distintos modelos

No todas las analogías pueden ser igualmente apropiadas para todas las edades. De ahí que deba evaluarse el grado de complejidad de cada una, seleccionar las más adecuadas y adaptarlas, si es preciso, al nivel escolar correspondiente

las analogías pueden ser igualmente apropiadas para todas las edades. De ahí que deba evaluarse el grado de complejidad de cada una, seleccionar las más adecuadas y adaptarlas, si es preciso, al nivel escolar correspondiente.

Para caracterizar la complejidad de una analogía existen distintos criterios, entre ellos el grado de abstracción de objeto y análogo, el grado de familiaridad de este último o el tipo de semejanza entre ambos (Curtis y Reigeluth, 1984).

En relación con lo primero, el caso más sencillo se daría cuando tanto el blanco como su análogo tienen una naturaleza concreta. Pero si el objeto es abstracto, el análogo podría ser concreto o abstracto. Por ejemplo, sería concreto si se emplea un muelle que se comprime y expande para representar la naturaleza del sonido, porque el muelle puede verse y palpase, mientras que sería abstracto si se usara el fundamento de una cámara de fotos para visualizar el funcionamiento del ojo humano, sencillamente porque el mecanismo de la cámara no es directamente accesible para nuestros sentidos.

Por otra parte, los análogos también pueden clasificarse según el grado de familiaridad y su ámbito de procedencia, es decir, cabe distinguir entre los fenómenos presentes en el entorno cercano y los que no pertenecen a este. Así, podemos recurrir a objetos o situaciones cotidianos, como cuando se representa un enlace entre



En virtud del tipo de semejanza analógica entre el objeto y el análogo, podemos hablar de una relación superficial, estructural o funcional

átomos mediante personas que se dan la mano; o, por el contrario, el análogo puede ser otro fenómeno científico, como cuando se utiliza el campo gravitatorio para entender mejor el campo electrostático.

Finalmente, en virtud del tipo de semejanza analógica entre el objeto y el análogo, podemos hablar de una relación superficial, estructural o funcional. Tanto las semejanzas superficiales como las estructurales se dan cuando el blanco y el análogo son próximos en apariencia física. No obstante, mientras que en las primeras las semejanzas se deben a similitudes entre rasgos o elementos aislados de un sistema y otro (color, forma, tamaño, etc.), en las segundas se deben a paralelismos entre pares de elementos (proporción de tamaños, interacciones entre cuerpos, distribución espacial relativa de distintas partes, etc.). Por tanto, las semejanzas superficiales no serían objeto de extrapolación de la analogía, aunque sí podrían ayudar a la comprensión de ella. Por su

parte, en la semejanza funcional la similitud se establece en la forma de funcionar u operar y no tanto en la estructura aparente (por ejemplo, la analogía entre la función de la clorofila en la fotosíntesis y el papel de la antena de una radio).

El cuadro 4 muestra un orden de progresión para las distintas categorías de cada dimensión de análisis, entendiendo que cada una no es incompatible con lo anterior, sino complementaria. Por ejemplo, una analogía funcional puede ir acompañada de semejanzas estructurales e incluso superficiales, y el uso de análogos formales o procedentes de la ciencia no es incompatible con el uso en paralelo de otras analogías con análogos concretos de la vida diaria.

Atendiendo a estas consideraciones y a las características del alumnado de distintas edades, a continuación se proponen algunas propuestas, acompañadas de ejemplificaciones, para el uso de analogías en distintas etapas de la educación.

■ Qué analogías utilizar en cada etapa educativa

Por un lado, a lo largo de la educación infantil (3-6 años), el razonamiento del alumnado, dado su posicionamiento esencialmente egocéntrico, se caracteriza por evolucionar de un caso particular

| Taxonomía según... | Nivel de progresión | | |
|--|--------------------------------------|--|---|
| | | | |
| Grado de abstracción de la analogía | Blanco concreto y análogo concreto | Blanco abstracto y análogo concreto | Blanco abstracto y análogo abstracto |
| Grado de familiaridad del análogo | Análogos antropomórficos y animistas | Análogos procedentes de objetos y situaciones de la vida diaria, fuera de la ciencia | Análogos procedentes de otros conceptos o fenómenos científicos |
| Tipo de semejanza blanco-análogo | Superficial | Estructural | Funcional |

Cuadro 4. Secuencia de progresión en el tipo de analogías empleadas

a otro (pensamiento transductivo), otorgando iniciativa, deseos e intenciones a objetos inanimados (pensamiento teleológico y animista). Por ello se deberían emplear analogías en las que tanto el objeto como el análogo sean lo más familiares posible para el niño, y en las que se adopten acciones, características o rasgos muy próximos a su vida diaria. Estos deberían presentarse en forma de cuentos o fábulas, personificando objetos o asignándoles atributos animados.

Estas analogías podrían contener características de tipo estructural, pero sustentadas en semejanzas principalmente de tipo superficial, teniendo en cuenta que a estas edades el pensamiento es de tipo asociativo, por lo que los niños fijan su atención en los rasgos más llamativos (Gentner, 1988). De ahí que sea fundamental utilizar análogos con características evidentes o que conjuguen varias características externas, tipo color y forma, a ser posible con atributos humanos. No es casualidad, por ejemplo, que a estas edades se representen las fases de la Luna usando rasgos del rostro humano, ya sea de frente (Luna llena) o de perfil (cuarto menguante o cuarto creciente).

Por otro lado, en el nivel de educación primaria (6 a 12 años) el alumnado empieza a ser capaz de usar un pensamiento causal, pero entendido como vínculo o relación entre nociones o variables concretas. En esta etapa se podrían utilizar analogías que conlleven un mayor

En la educación infantil se deberían emplear analogías en las que tanto el objeto como el análogo sean lo más familiares posible para el niño, y en las que se adopten acciones, características o rasgos muy próximos a su vida diaria

En la educación primaria conviene que las analogías vayan acompañadas de semejanzas superficiales, que sirvan como anclas sobre las que los alumnos fijen su atención

nivel de elaboración, empleando incluso semejanzas abstracto-concreto al final de la etapa, pero con análogos muy próximos a la vida cotidiana. Las analogías deberían ser principalmente de tipo estructural.

Ejemplos de analogías para esta etapa serían la comparación entre la circulación sanguínea y la circulación de agua por un río, o el uso de un balón y un flexo para representar el ciclo día y noche. También sería muy indicado recurrir al propio sujeto como análogo en el que, mediante una simulación, se escenifican nociones más complejas: por ejemplo, los propios niños se «convierten en planetas» que giran alrededor de otro alumno que simula la posición del Sol. Ocasionalmente podría recurrirse también a analogías funcionales, siempre y cuando el análogo sea concreto y muy próximo al alumno: por ejemplo la comparación entre el papel de los nutrientes en un animal y la gasolina en un coche. En todo caso, en la educación primaria conviene que las analogías vayan acompañadas de semejanzas superficiales, que sirvan como anclas sobre las que los alumnos fijen su atención, como ya se ha sugerido.

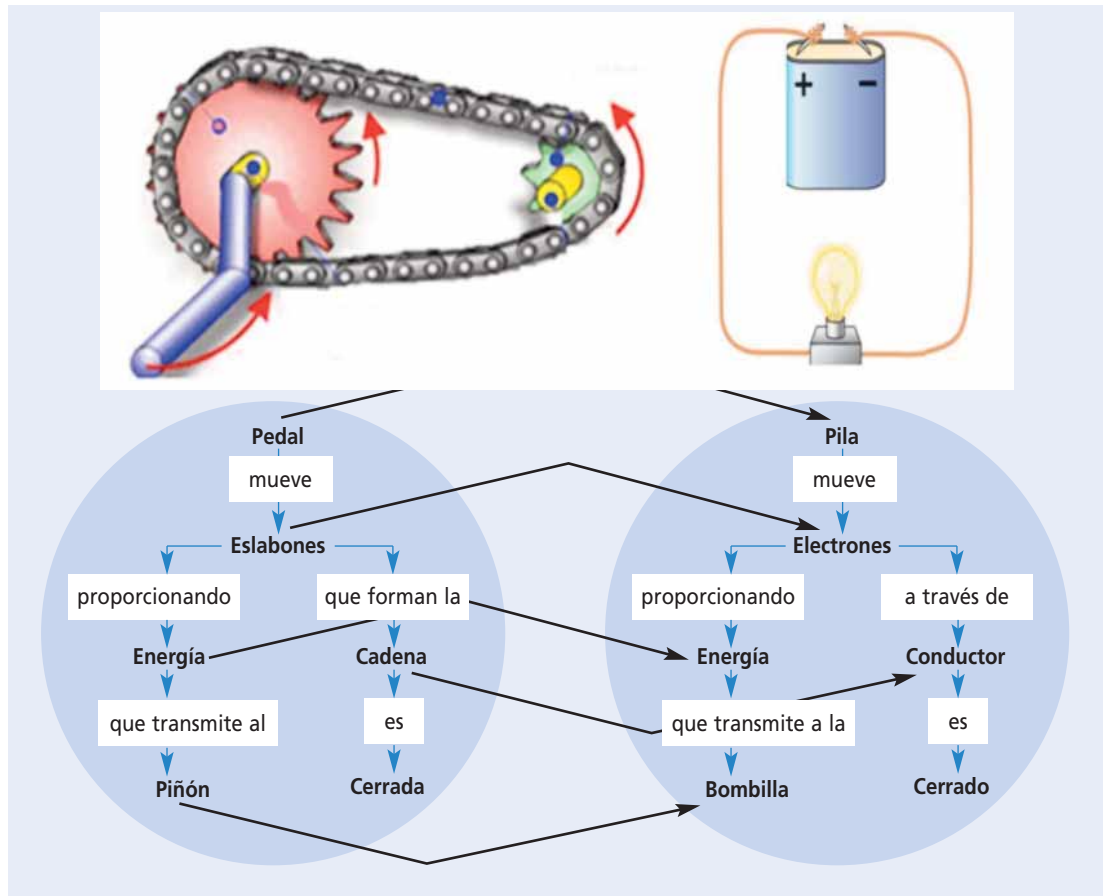
Coincidiendo con el desarrollo del pensamiento formal, durante la educación secundaria obligatoria (12 a 16 años), se puede recurrir a analogías de mayor complejidad. Por ejemplo, analogías donde el análogo sea abstracto aunque procedente de la vida cotidiana, ya sea apoyándose en una comparación estructural (comparación entre el comportamiento de las placas tectónicas y galletas que descansan sobre un

Durante la educación secundaria obligatoria se puede recurrir a analogías de mayor complejidad

flan), funcional (comparar por ejemplo una célula con una fábrica) o que cumpla ambas condiciones a la vez (comparación de un circuito eléctrico con el mecanismo de pedal-cadena-piñón de una bicicleta; cuadro 5). Por otro lado, también sería posible utilizar metáforas, que siempre implican un mayor dominio del lengua-

je y cierto sentido crítico que permita interpretar su sentido figurado. De hecho, la propia ciencia está repleta de terminología metafórica que los alumnos deberían ir interiorizando: «redes tróficas», «efecto invernadero», «red cristalina», etc. Puesto que las analogías forman parte del lenguaje científico, su uso supondría una forma de contribuir a que el alumnado aprendiera a leer y escribir ciencias (Martín Díaz, 2013).

Al mismo tiempo se puede recurrir a analogías múltiples utilizando distintos análogos para un mismo blanco, lo que requeriría capacidades de orden superior. No solo se trataría de que el



Cuadro 5. Analogía entre un circuito eléctrico y el mecanismo de una bicicleta (Härtel, 1982)

alumnado estableciera diversas relaciones entre el blanco y el análogo, sino además de que pudiera proponer otras nuevas y reflexionar sobre los límites de cada analogía.

Finalmente, en la etapa de bachillerato (16-18 años) y en los estudios universitarios posteriores, donde se supone que el alumnado ya ha desarrollado su pensamiento abstracto, sería posible recurrir a analogías más complejas, incluso de tipo abstracto-abstracto, empleando como análogos otros referentes procedentes de la ciencia. Así, se podrían comparar elementos del campo eléctrico con elementos del campo gravitatorio o cualquiera de ambos con la circulación de un fluido.

En cualquier caso, cada etapa de esta progresión recapitula de alguna forma las anteriores, de modo que en las más avanzadas pueden y deben emplearse también analogías compatibles con las de las fases previas. Por ejemplo, el pensamiento antropomórfico y animista, aunque sustanciado en una forma de hablar, sigue formando parte del lenguaje científico más adelante. Se habla, por ejemplo, de que el cloro «desea» capturar un electrón para convertirse en la estructura de un gas noble, o que las moléculas de un gas sobrecalentado «tienden a» o «quieren» salir del recipiente que las contiene. Por otro lado, incluso en niveles superiores estaría indicado el uso de análogos muy concretos y de la vida diaria, como se demuestra, por ejemplo, como ya se ha señalado, en la propia incorporación del lenguaje metafórico dentro del propio lenguaje científico: tren de ondas, paquetes de energía, nube de electrones, etc.

La propia ciencia está repleta de terminología metafórica que los alumnos deberían ir interiorizando

En la etapa de bachillerato y en los estudios universitarios posteriores, donde se supone que el alumnado ya ha desarrollado su pensamiento abstracto, sería posible recurrir a analogías más complejas, incluso de tipo abstracto-abstracto, empleando como análogos otros referentes procedentes de la ciencia

■ Consideraciones finales

Aun cuando en este trabajo hemos destacado de forma monográfica el papel de las analogías como instrumento recurrente en la progresión del conocimiento, hemos de advertir que no las consideramos la única herramienta, ni siquiera la principal, que puede catalizar la progresión del conocimiento del alumnado. Y ello por varios motivos:

- Porque existen otras muchas herramientas y otras muchas estrategias que pueden ayudar en este sentido. Así, el uso de contraejemplos, la reflexión sobre problemas, los debates y controversias, los trabajos prácticos, etc., son solamente algunos de los instrumentos en los que los profesores también podemos y debemos apoyarnos.
- Porque el papel de las analogías en este contexto es limitado, ya que no siempre es posible encontrar analogías útiles para nuestros propósitos.
- Porque el uso reiterado y abusivo de analogías puede ser contraproducente, ya que estas tienen también efectos negativos y limitaciones, como ya se ha señalado en la bibliografía.

En cualquier caso, es importante valorar la utilidad de las analogías dentro un marco de progresión en el conocimiento, entre otras razones, porque ello ayuda a entender el lugar que ocupan las analogías en el aprendizaje. Es conveniente concebir la analogía como algo más que un simple recurso puntual y anecdótico que, a lo sumo, serviría para promover un aprendizaje fragmentario y disperso, enfocado a muy corto plazo.

Referencias bibliográficas

- ADEY, P. (1997): «Dimensions of progression in a curriculum». *The Curriculum Journal*, núm. 8, pp. 367-391.
- CID, R.; DASILVA, G. (2012): «Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 9(3), pp. 329-337.
- CLEMENT, J.J. (2000): «Model based learning as a key research area for science education». *International Journal of Science Education*, vol. 22(9), pp. 1041-1053.
- CURTIS, V.; REIGELUTH, C.M. (1984): «The use of analogies in written text». *Instructional Science*, núm. 13, pp. 99-117.
- DAGHER, Z.R. (1994): «Does the use of analogies contribute to conceptual change?». *Science Education*, vol. 78(6), pp. 601-614.
- GENTNER, D. (1988): «Metaphor as structure mapping: the relational shift». *Child Development*, núm. 59, pp. 47-59.
- HÄRTEL, H. (1982): «The Electric Circuit as a System: A New Approach». *European Journal of Science Education*, vol. 4(1), pp. 45-55.
- MARTÍN DÍAZ, M.^a J. (2013): «Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 10(3), pp. 291-306.
- OLIVA, J.M.^a, y otros (2001): «Una propuesta didáctica, basada en la investigación, para el

uso de analogías en la enseñanza de las Ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 19, pp. 453-470.

- OLIVA, J.M.^a (2011): «Cómo usar analogías en la enseñanza de los modelos y de los procesos de modelización en ciencias». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 69, pp. 80-91.
- POSNER, G.J., y otros (1982): «Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change». *Science Education*, núm. 66, pp. 211-227.
- PRIETO, T.; BLANCO, A.; BREDO, V.B. (2002): «La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 20, pp. 3-14.

Direcciones de contacto

José M.^a Oliva Martínez
 Lourdes Aragón Núñez
 Natalia Jiménez Tenorio
 Universidad de Cádiz
 natalia.jimenez@uca.es
 josemaria.oliva@uca.es
 lourdes.aragon@uca.es

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en abril de 2014 y aceptado en septiembre de 2014 para su publicación.