

EJEMPLIFICACIÓN DEL MÉTODO DE APRENDIZAJE CON ANALOGÍAS¹

Carmelo Tejera, Juan José Marrero, Nicolás Elórtegui, Benigno González y José Fernández

Grupo Blas Cabrera Felipe

Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación.

Universidad de La Laguna

PALABRAS CLAVES

Método aprendizaje, analogía, modelo atómico de Bohr, Sistema Solar

RESUMEN

Se propone un método de enseñanza y aprendizaje mediante el uso de analogías, con unas pautas secuenciadas, aplicado al caso de la explicación del modelo atómico de Bohr utilizando el sistema solar.

ABSTRACT

Proposes a method of teaching and learning through the use of analogies with guidelines sequenced, applied to the case of the explanation of the atomic model of Bohr using the solar system.

1. INTRODUCCIÓN

Las analogías constituyen un recurso didáctico utilizado, ampliamente, por los docentes en la enseñanza de las ciencias. Las analogías se utilizan para favorecer la comprensión de una situación desconocida o concepto nuevo para el alumnado (el *tópico*), mediante la comparación con una situación o concepto ya conocido (el *análogo*).

La utilidad del uso de las analogías disminuye cuando los alumnos tienen dificultad en razonar analógicamente, o cuando la trama entre el análogo y el tópico se puede detectar fácilmente.

El hecho de que las comparaciones tengan lugar, fundamentalmente, entre nexos semejantes otorga a la analogía la capacidad de llegar a las características del tópico a partir de las del análogo. Por este motivo, Glynn (1991) y Thagard (1992) argumentan que las buenas analogías deben tener gran poder inferencial y, por tanto, deben presentar gran semejanza entre el análogo y el tópico.

¹ Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación PI042005/081 del Plan Integrado Canario I+D+I llevado a cabo por el Grupo Blas Cabrera-GITEP en el Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de La Laguna.

Además del tipo de semejanza compartida entre el análogo y el tópico, las analogías tienen una serie de características extrínsecas relacionadas con el contexto en el que se presentan. Dicho contexto influye en la trama de relaciones que el alumno establece entre el análogo y el tópico, restringiendo y limitando el proceso de extrapolación e influyendo en la información relevante que se transfiere.

Una analogía es solamente una herramienta de ayuda en el aprendizaje, pero sólo en el caso de que el alumno comprenda bien el análogo e identifique las comparaciones entre el análogo y el tópico. Este proceso de extrapolación y establecimiento de comparaciones debe ser suministrado por el autor del libro de texto o por el profesor en el aula (Aragón y col. 2005).

Para que esta estrategia de enseñanza-aprendizaje sea efectiva es conveniente que los alumnos sean advertidos de su presencia y de su utilización. En este sentido se considera muy interesante la propuesta metodológica conocida con el nombre **TWA** o *Teaching With Analogies* (Glynn, 1995; Harrison y Treagust, 1993; Thiele y Treagust, 1995).

2. PROCESO SEGUIDO EN EL MÉTODO DE APRENDIZAJE CON ANALOGÍAS (A.C.A.).

En este trabajo, se propone una puesta en acción del proceso analógico como variante de la TWA, "*Teaching With Analogies*", denominado **Aprendizaje con Analogías (ACA)**. Éste aporta, en relación al TWA, la idea de que todo el proceso previo ejecutado por el profesor (diseñar el análogo, adaptarlo a los alumnos en cuestión e investigar las dificultades con que se ha encontrado en otras ocasiones para tenerlas en cuenta en el momento de la puesta en práctica), también forma parte (de manera relevante) del proceso de enseñanza-aprendizaje de una analogía.

En forma de propuesta, el ACA se presentó por González (2004), y puede resumirse en los siguientes apartados:

A. Diseño del análogo por el profesor.

1. Preparar una propuesta de un análogo atractivo e idóneo
2. Reconocer el análogo de forma asequible al alumno
3. Constatar por el profesor las posibles dificultades

B. Iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía con los alumnos.

1. Introducir el análogo/ tópico.

2. Identificar las características relevantes del análogo.
 3. Establecer las comparaciones entre el análogo y el tópico.
 4. Identificar las limitaciones de la analogía relevantes en el aprendizaje del alumno.
- C. Análisis y/o evaluación de la efectividad del proceso analógico de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, se desarrolla cada una de las tres etapas mencionadas anteriormente:

A. Diseño del análogo por el profesor

El paso inicial en el proceso analógico de enseñanza-aprendizaje afecta al diseño del análogo, en el sentido de tener en cuenta cada uno de los requisitos siguientes:

- 1) Preparar por el profesor una propuesta de un análogo atractivo e idóneo al desarrollo evolutivo, conocimiento e intereses de los alumnos.
- 2) Reconocer el análogo, de forma asequible al alumno; esto es, disponer y presentar una exploración de lo que los alumnos pueden saber y/o relacionar del análogo.
- 3) Constatar por el profesor las dificultades que pueden surgir en el proceso de enseñanza-aprendizaje para que tenga lugar el razonamiento analógico apropiado a la trama (o relación analógica) y que sea relevante. Es decir, las dificultades que pueden surgir al alumno, al extrapolar o establecer las comparaciones entre la información relevante del análogo y del tópico, comparaciones que van a garantizar la idoneidad de la analogía.

Al analizar el profesor las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje se debe observar si pueden influir en el alumno los aspectos contextuales siguientes:

- a) Los relacionados con la extrapolación o establecimiento de comparaciones entre el análogo y el tópico por el alumno.
- b) Los relacionados con la simulación analógica que puede acompañar a la puesta en acción de una analogía.

El profesor debe explicitar, e incluso dibujar, el esquema de la trama de relaciones entre el análogo y el tópico. En el caso de que esta explicación no se lleve a cabo y que tengan que ser los propios alumnos los que descubran la trama de relaciones o esquema de comparaciones entre los nexos semejantes entre el análogo y el tópico, cabe la posibilidad de que

los alumnos estableciesen comparaciones entre nexos no semejantes o entre atributos irrelevantes y que se produjese una transferencia de conocimiento no deseable.

Se trata de que el profesor, o el libro de texto, propongan al alumno las pautas para que realice la simulación y, de esta forma, reducir las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje y garantizar la idoneidad de la analogía.

B. Iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía con los alumnos.

1) Introducir el análogo / tópico.

Presentar a los alumnos el tópico, con sus características más relevantes. Esto debe permitir a los alumnos disponer de una representación mental del tópico.

2) Identificar las características relevantes del análogo.

Orientar a los alumnos a la búsqueda, identificación y recuperación de la memoria (recordar lo que conocen) de este análogo familiar. Ayudar a la representación mental de la parte del análogo que forma parte de sus experiencias cotidianas, resaltando sus características.

3) Establecer las comparaciones entre el análogo y el tópico.

Reconocer el grado de semejanza que pueden establecer los alumnos entre el análogo y el tópico. Explorar la trama o relación analógica que puede resultar de la comparación entre ambos.

El análogo elegido deber ser convincente, esto es, que presente una relación analógica plausible con el tópico y, por lo tanto, sea un análogo del que se tiene total seguridad de su similitud con el tópico (en el ámbito que se aborda).

4) Identificar las limitaciones de la analogía, apropiadas en el aprendizaje del alumno.

Se propone hacer ver al alumno los campos de validez de las comparaciones establecidas, destacando casos límite para los que no es factible la extrapolación de la analogía. Se deben explicitar las limitaciones de la analogía en un intento de garantizar que no se transfiera conocimiento irrelevante entre el análogo y el tópico.

C. Evaluación

Como en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, en el proceso analógico tiene lugar de manera implícita o explícita un análisis o evaluación del mismo.

Se debe ser consciente de que por muy alta que sea la semejanza estructural entre el análogo y el tópico, ésta nunca será total y siempre existirán limitaciones en la analogía.

Se entiende que con el análisis o evaluación es posible evitar la transferencia de conocimiento no deseable y, por lo tanto, detectar la efectividad de la analogía.

3. RESULTADOS: PROPUESTA METODOLÓGICA ACA PARA LA ANALOGÍA SISTEMA SOLAR / ÁTOMO DE BOHR.

Se propone una puesta en acción del método que se denomina *Aprendizaje con Analogías (ACA)*, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía Sistema Solar/Átomo de Bohr. Para ello se desarrollan las tres etapas descritas anteriormente.

A. Diseño del análogo por el profesor

El paso inicial en el proceso analógico de enseñanza-aprendizaje afecta al diseño del análogo, en el sentido de tener en cuenta cada uno de los requisitos siguientes:

1) Preparar una propuesta de un Sistema Solar atractivo e idóneo al desarrollo psicoevolutivo, conocimiento e intereses de los alumnos.

El nivel apropiado de la analogía Sistema Solar / Átomo de Bohr es de 3º ESO; en los cursos superiores puede acarrear más problemas de limitaciones en la relación analógica, que posibles ventajas en el aprendizaje. El Sistema Solar es un análogo muy bien conocido por los alumnos de tercero, que pueden describir sus elementos y características sin dificultad. Además es visto como algo real y "tangible", en el sentido de que su existencia es indudable y su

2) Reconocer el Sistema Solar, de forma asequible al alumno, esto es, disponer y presentar una prospección de lo que los alumnos pueden saber y/o relacionar del sistema solar.

Los alumnos deben reconocer como elementos básicos de un sistema solar los siguientes:

a) Un sol central de gran masa y que sujeta mediante su gravedad a los planetas. b) Un conjunto de planetas que giran alrededor del sol en órbitas estables y separadas por c) Un espacio vacío que ocupa la

3) Constatar las posibles dificultades que pueden surgir, al alumno, al extrapolar o establecer las comparaciones entre la información relevante

del Sistema Solar y del Átomo de Bohr, comparaciones que van a garantizar la idoneidad de la analogía.

Tener en cuenta que el Sistema Solar es plano, con forma de disco, mientras que el átomo es esférico. Los textos suelen dibujar átomos con forma de disco.

Se debe evitar la extrapolación de la composición de los planetas (rocosos o gaseosos) a los electrones, así como la temperatura de la estrella, que no existe en el núcleo ni es el origen de la “energía nuclear”.

Evitar la extrapolación “un planeta por órbita” a “un electrón por órbita”. Asimismo, insistir en la trayectoria circular de los electrones, sin hacer mención a la trayectoria elíptica de los planetas.

La diferencia de tamaño no suele ser problema en este nivel, aunque se debe insistir en las limitaciones.

Hemos de proponer sólo los componentes, atributos y nexos que queremos enseñar. En este caso, no dejar a los alumnos a su propia iniciativa por los problemas de extrapolaciones inadecuadas a que

B. Iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía Sistema Solar / Átomo de Bohr con los alumnos.

1. Introducir el Sistema Solar / Átomo de Bohr

Presentar a los alumnos el Sistema Solar, con sus características más relevantes. Esto debe permitir a los alumnos disponer de una representación mental del sistema solar.

El Sistema Solar y el átomo se parecen en algunas cosas, a pesar de la diferencia de tamaño.

El Sistema Solar es un gran espacio vacío con un sol en el centro. A su alrededor giran los planetas, sujetos por la gravedad, todos en el mismo plano, con sus órbitas formando un disco.

Los átomos, siendo muy pequeños, también tienen mucho espacio vacío en la corteza y el núcleo está en el centro. A su alrededor, giran los electrones sujetos por la atracción eléctrica con el núcleo, cada uno en su órbita pero formando una esfera. Se aconseja una presentación audiovisual del átomo, para reforzar la idea de su forma esférica.

2. Identificar las características relevantes del Sistema Solar.

Orientar y ayudar a la representación mental del Sistema Solar resaltando las características que los alumnos recuerdan.

Las características del Sistema Solar son:

l centro. b) Planetas de poca masa que giran alrededor de forma estable en sus órbitas, todas en un mismo plano. c) Un gran espacio vacío en el que se mueven los planetas.

3. Establecer las comparaciones entre el Sistema Solar y el Átomo de Bohr.

Establecer la trama o relación analógica que puede resultar de la comparación entre el Sistema Solar y el Átomo de Bohr teniendo en cuenta el grado de semejanza que pueden reconocer los alumnos.

El sol está en el centro del sistema planetario y contiene la mayor parte de su masa.

Los planetas giran en un plano alrededor de la estrella sujetos por la fuerza gravitatoria.

Hay espacio vacío entre la estrella y los planetas.

El núcleo está en el centro del átomo, contiene la mayor parte de su masa y tiene carga positiva.

Los electrones giran en una esfera alrededor del núcleo sujetos por la fuerza eléctrica y tienen carga negativa.

Hay espacio vacío entre el

4. Identificar las limitaciones de esta analogía que son relevantes en el aprendizaje del alumno.

Se explicitan las limitaciones de la analogía Sistema Solar y el Átomo de Bohr, para tratar de evitar en la medida de lo posible la transferencia de conocimiento irrelevante.

Sistema Solar

Distancia y tamaño muy grande (orden de billones de metro).

Carga eléctrica irrelevante.

Órbitas formando un disco.

Un único planeta por órbita.

Giro de los planetas en el mismo sentido.

Átomo de Bohr

Distancia y tamaño muy pequeño (orden de diez mil millonésimas de metro).

Carga eléctrica en núcleo y electrones.

Órbitas formando una esfera.

Varios electrones por órbita.

Giro aleatorio de los electrones.

C. Evaluación del método.

Es probable, por tanto, que como consecuencia de extralimitaciones, los alumnos adquieran conclusiones erróneas sobre el átomo, causadas por la

transferencia de conocimiento no deseable desde el Sistema Solar al átomo de Bohr.

Por este motivo es muy importante reflexionar y analizar la influencia de aquellos aspectos relacionados con el contexto en el que se desarrolla la analogía. Este análisis involucra a cada una de las fases del proceso analógico de enseñanza-aprendizaje, esto es tanto al diseño del análogo como al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con la evaluación global del proceso y con la evaluación del aprendizaje del alumnado en sucesivas ocasiones, es posible evitar la transferencia de conocimiento no deseable desde el sistema solar hacia el átomo de Bohr y optimizar el proceso analógico de enseñanza-aprendizaje.

La evaluación de alumnos propuesta, consiste en:

- En los elementos del análogo y del tópico asociar elementos equivalentes mediante flechas.
- Rellenar una tabla de doble entrada, con dos filas, una para aspectos en que “se parecen” y otra para aspectos en que “se diferencian”, y dos columnas, una para el Sistema Solar y otra para el Modelo atómico de Bohr, En los cuadros formados se colocan los enunciados a conjugar del sistema solar y el modelo del átomo de Bohr.
- Cuestionario de respuesta múltiple sobre las características

En el cuadro adjunto aparece una panorámica de conjunto del proceso ACA aplicado a esta analogía “Sistema Solar / Átomo de Bohr”.

Diseño del trabajo por el profesor	<p>A. <u>Diseño del análogo por el profesor</u></p> <p>I) Preparar una propuesta de un análogo atractivo e idóneo al alumno</p>	<p>El nivel apropiado de la analogía Sistema Solar / Átomo de Bohr es de 3º ESO; en los cursos superiores puede acarrear más problemas de limitaciones en la relación analógica, que posibles ventajas en el aprendizaje. El Sistema Solar es un análogo muy bien conocido por los alumnos de tercero, que pueden describir sus elementos y características sin dificultad. Además es visto como algo real y “tangible”, en el sentido de que su existencia es indudable y su aspecto, perfectamente reconocible.</p>
	<p>II) Reconocer el análogo, de forma asequible al alumno</p>	<p>Los alumnos deben reconocer como elementos básicos de un Sistema Solar los siguientes:</p> <p>a) Un sol central de gran masa y que sujeta mediante su gravedad a los planetas. b) Un conjunto de planetas que giran alrededor del sol en órbitas estables y separadas por c) Un espacio vacío que ocupa la mayor parte del volumen del sistema solar.</p>
	<p>III) Constatar las posibles dificultades</p> <p>a) Del alumno para extrapolar o establecer comparaciones entre el análogo y el tópico.</p> <p>b) Del profesor para la puesta en acción de la analogía</p>	<p>Tener en cuenta que el sistema solar es plano, con forma de disco, mientras que el átomo es esférico. Los textos suelen dibujar átomos con forma de disco.</p> <p>Se debe evitar la extrapolación de la composición de los planetas (rocosos o gaseosos) a los electrones, así como la temperatura de la estrella, que no existe en el núcleo ni es el origen de la “energía nuclear”.</p> <p>Evitar la extrapolación “un planeta por órbita” a “un electrón por órbita”. Asimismo, insistir en la trayectoria circular de los electrones, sin hacer mención a la trayectoria elíptica de los planetas.</p> <p>La diferencia de tamaño no suele ser problema en este nivel, aunque se debe insistir en las limitaciones.</p> <p>Proponer sólo los componentes, atributos, y nexos que queremos enseñar. En este caso, no dejar a los alumnos a su propia iniciativa, por los problemas de extrapolaciones inadecuadas a que algunos pueden llegar.</p>

Proceso de trabajo en el aula con los alumnos	<p>B. Iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía con los alumnos.</p> <p>1. Introducir el análogo / tópico.</p>	<p>El Sistema Solar y el átomo se parecen en algunas cosas, a pesar de la diferencia de tamaño.</p> <p>El Sistema Solar es un gran espacio vacío con un sol en el centro. A su alrededor giran los planetas, sujetos por la gravedad, todos en el mismo plano, con el conjunto de sus órbitas formando un disco.</p> <p>Los átomos, siendo muy pequeños, también tienen mucho espacio vacío en la corteza y el núcleo está en el centro. A su alrededor, giran los electrones sujetos por la atracción eléctrica con el núcleo, cada uno en su órbita pero formando una esfera. Se aconseja una presentación audiovisual del átomo, para reforzar la idea de su forma esférica.</p>	
	<p>2. Identificar las características relevantes del análogo.</p>	<p>Las características del Sistema Solar son:</p> <p>a) El sol de mucha masa en el centro; b) Los planetas de poca masa que giran alrededor de forma estable en sus órbitas, todas en un mismo plano; c) Un gran espacio vacío en el que se mueven los planetas.</p>	
	<p>3. Establecer las comparaciones entre el análogo y el tópico.</p>	<p>El sol está en el centro del Sistema Solar y contiene la mayor parte de su masa.</p> <p>Los planetas giran en un plano alrededor del sol sujetos por la fuerza gravitatoria.</p> <p>Hay espacio vacío entre el sol y los planetas.</p>	<p>El núcleo está en el centro del átomo, contiene la mayor parte de su masa y tiene carga positiva.</p> <p>Los electrones giran en una esfera alrededor del núcleo sujetos por la fuerza eléctrica y tienen carga negativa.</p> <p>Hay espacio vacío entre el núcleo y los electrones.</p>

	4. Identificar las limitaciones de la analogía relevantes en el aprendizaje del alumno.	Sistema Solar 1) Distancia y tamaño muy grande (orden de billones de metros) 2) Carga eléctrica irrelevante 3) Órbitas formando un disco 4) Un único planeta por órbita. 5) Giro de los planetas en el mismo sentido	Átomo de Bohr 1) Distancia y tamaño muy pequeño (orden de diez mil millonésimas de metro) 2) Carga eléctrica en núcleo y electrones. 3) Órbitas formando una esfera. 4) Varios electrones por órbita 5) Giro aleatorio de los electrones
	<u>C. Evaluación.</u>	<ul style="list-style-type: none"> - En los elementos del análogo y del tópico asociar elementos equivalentes mediante flechas - Rellenar una tabla de doble entrada, con dos filas, una para aspectos en que “se parecen” y otra para aspectos en que “se diferencian”, y dos columnas, una para el sistema solar y otra para el átomo de Bohr,. En los cuadros formados se colocan los enunciados a conjugar del sistema solar y del átomo. - Cuestionario de respuesta múltiple sobre las características relevantes de la analogía. 	

4. CONCLUSIONES

Siguiendo el método *Teaching With Analogies* (TWA), en este trabajo se propone una implementación del proceso de enseñanza y aprendizaje con analogías, con un método ampliado en las etapas de diseño y evaluación de la analogía por el profesor; hemos traducido su denominación como “aprendizaje con analogías” (ACA).

Se ha hecho una ejemplificación de este método aplicándolo al caso de una de las analogías más utilizada por el profesorado de ciencias como es el “Sistema Solar/ Átomo de Bohr”, detallando en ella cada una de las fases del método.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAGÓN, M., OLIVA, M., BONAT, M. y MATEO, J. (2005). Un estudio sobre las relaciones entre pensamiento analógico y modelos mentales de los alumnos sobre la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, nº Extra: VII Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias, 6 pg.
- GLYNN, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching with Analogies Model. *The Psychology of Learning Science*. Glynn, S;Yeany, R.; Britton (Eds.), Cap. 10º, pp. 219-240.
- GLYNN, S., DUIT, R. y THIELE, R. (1995). Teaching with analogies: A strategy for constructing knowledge. *Learning science in the schools: Research reforming practice*. S. Glynn & R. Duit (Eds.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 247-273.
- GONZÁLEZ, B. (2004). Las analogías en el proceso enseñanza aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza. *Tesis Doctoral. Facultad de Educación. Serv. Public. Universidad de La Laguna*. (ISBN: 84-699-9636-3).
- HARRISON, A. y TREAGUST, D. (1993). Teaching With Analogies - A Case Study in Grade 10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, nº 10, pp. 1291-1307.
- THAGARD, P. (1992). Analogy, Explanation and Education. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, nº6, pp.537-544.
- THIELE, R. y TREAGUST, D. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, Vol. 17, nº 6, pp. 783-795.