

ORIENTACIONES Y DIFICULTADES PARA LA APLICACIÓN EN EL AULA DE LA RELACIÓN ANALÓGICA EN LOS MODELOS DE LAS CIENCIAS

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, JOSÉ y ELÓRTEGUI ESCARTÍN, NICOLÁS

Grupo Blas Cabrera Felipe-GITEP. Departamento de Didácticas Especiales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna.

Palabras clave: Analogías; Modelos mentales.

LOS MODELOS ANALÓGICOS EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS

El razonamiento analógico se puede considerar al conjunto de reflexiones, así como la generación de conocimiento aplicable a una situación nueva (que llamamos **tópico**) por transferencia de conocimiento a partir de una situación conocida (que denominamos **análogo**). No sólo va a depender de las comparaciones factibles sino también del individuo por su conocimiento y capacidad de reconstruir el análogo, y de lo que se pretende del análogo en el contexto que se presenta.

Los **componentes** de las analogías son los elementos que constituyen el análogo y el tópico. Tanto el análogo como el tópico están constituidos por componentes y éstos forman parte de su estructura. Cada componente viene caracterizado por una serie de propiedades o características, son los **atributos**. Los **nexos** son las conexiones que existen entre los componentes.

La **trama o relación analógica** es el esquema de relaciones que se establece entre el análogo y el tópico va a originar el modelo mental imprescindible para el posterior aprendizaje.

Las analogías nos dan un puente entre lo conocido y lo menos conocido, pero hay serios indicios de que su uso inadecuado puede llevar hacia errores, sugiriendo o reforzando asociaciones falsas que provoquen en los alumnos el desarrollo de errores conceptuales en el tópico.

Se considera que el razonamiento analógico está constituido por los siguientes procesos:

1. Recuperar el análogo: “**análogo plausible adecuado**”
Proceso encargado de “recuperar el análogo”, es decir, la recuperación y búsqueda de aquella información relevante de la situación conocida y familiar.
2. Representación mental del análogo: “**modelo mental previsible para el alumno**”.
3. Extrapolación entre el análogo y el tópico: “**paso del modelo mental, de la relación analógica, al tópico**”.
Proceso encargado de establecer una correspondencia entre la información relevante del análogo y el tópico. A este último proceso se le conoce con el nombre de “extrapolación analógica” (González Labra, 1997) o proceso de “*establecimiento de correspondencias*”. Incluye la extracción de aspectos comunes al análogo y al tópico y la valoración y evaluación de las correspondencias entre ambos.
4. Aprendizaje y almacenamiento de las inferencias obtenidas: **Procesado del aprendizaje**.

1) Análogo plausible adecuado

Se ha de buscar un análogo plausible adecuado:

- A la edad y conocimientos del alumno.
- A la complejidad de abstracción y formalización.
- Generalizable a una población amplia.
- Que evite el desarrollo de aprendizajes incorrectos.

Es prioritaria la “recuperación del análogo adecuado”, esto es, disponer de un análogo familiar y conocido para el alumno. Los estudiantes necesitan ver la conexión entre el análogo y el tópico para poder acceder a la analogía. El análogo no sólo necesita ser familiar a los alumnos, también necesita ser más accesible que el tópico.

Cuando se usan analogías es conveniente examinar el conocimiento previo del alumno, para seleccionar aquellos análogos que puedan dar lugar a analogías fácilmente asimilables en su estructura de conocimiento.

2) Modelo mental previsible para el alumno

Es necesario identificar el modelo mental previsible (Brown y col. 1986; Gentner, 1983; Holland y col. 1986) que se forma el alumno al interpretar el análogo con sus conocimientos (Galagovsky, L. y col. 2001). Este “modelo mental” va a significar una especie de “traductor del sistema de conversación” para alguien que no usa el sistema convencional de comunicación. Se utiliza este “traductor” (Moreira, 2002, ha generalizado el término “mentalés”) para que transforme nuestro sistema de lenguaje en otro lenguaje asequible al alumno. Una vez traducida cualquier idea al lenguaje del alumno, éste está en disposición de incorporarlo de forma personal a su procesador mental.

Ha de preocuparnos que el conocimiento (conceptos, procedimientos y actitudes) que se pretende comunicar sufra una transformación, no deseada, al traducirlo a esquemas mentales, tanto por parte del profesor como cuando el alumno se construye su modelo mental (que a su vez lo incorpora a su conocimiento personal). Esta etapa, consiste en comunicar y transferir el conocimiento desde el profesor o del libro al alumno, es el de la “transferencia analógica”.

3) Pasar del modelo mental de la relación analógica al tópico

El acceso al análogo supone un esfuerzo para el alumno que, además, desconoce el tópico. Por lo tanto el alumno, según Gentner (1989), debe comprender el análogo con algún grado de convicción y, además, debe confirmar la plausibilidad de las correspondencias entre ambos: análogo y tópico. Es decir, debe ser capaz de visualizar el tópico como algo similar al análogo, para posteriormente inferir y extraer aspectos comunes a ambos.

Es el profesor quién establece las correspondencias, puesto que tiene conocimientos sobre el análogo y el tópico y aprovecha precisamente las semejanzas en su explicación.

El proceso de extrapolación se lleva a cabo de la siguiente forma:

- a) Se separan los **atributos** de los componentes del análogo y del tópico.
- b) Se destacan los **nexos** entre componentes de las dos situaciones.
- c) Se deciden cuáles son los nexos relevantes.

En este proceso, como puede apreciarse, los pasos propuestos son de formato, ya que no dependen de otros factores. Por este motivo se dice que es un proceso estructural.

El proceso de comparación de aquellos nexos (características estructurales) que sean semejantes entre el del análogo y del tópico son la parte fundamental de la **trama** o **relación analógica**.

El éxito está basado en la habilidad para razonar a partir de captar la semejanza de nexos (estructural),

siendo éste el aspecto fundamental sobre el que descansa el cambio que se produce con el desarrollo del individuo.

La relación analógica está fundamentada en la semejanza compartida entre el análogo y el tópico.

La *semejanza es superficial* cuando la semejanza existe entre los atributos de los componentes, es decir, tiene apariencia física externa semejante.

La *semejanza estructural* es la que presentan los nexos que tienen apariencia física interna, con configuraciones similares, es decir, que tienen semejanza entre las relaciones o proporciones que hay entre sus componentes.

La *semejanza semántica* es la que presentan los nexos con significados semejantes.

La *semejanza funcional* es cuando análogo y tópico presentan semejanzas en la función o en el comportamiento.

4) Procesado del aprendizaje

Una vez hecho todo el proceso anterior, será necesario recopilar ordenadamente toda la información manejada en el proceso, concretando y haciéndose consciente de la adquisición de nuevas estructuras de conocimiento que, con frecuencia, afectan tanto al tópico como al análogo (Oliva, 2003).

PROPUESTA DE ADAPTACIÓN PARA SU APLICACIÓN EN EL AULA

Los trabajos mencionados nos ha permitido el análisis del proceso de transferencia analógica que mayor efectividad tiene para el aprendizaje de nuevos conocimientos. Sus implicaciones las hemos aplicado al caso de la analogía del sistema solar / modelo atómico (Fernández y col. 2005; Issing, 1990; Gentner, 1983),

Esta analogía, como otras, tiene una estructura mental que comprende la comparación y la transferencia de conocimiento desde el análogo del sistema solar (situación familiar) al tópico del modelo atómico de Rutherford (situación nueva o desconocida).

En esta analogía el **análogo** es el sistema solar y el **tópico** es el átomo. La **trama** o **relación analógica** está constituida por todo tipo de comparaciones o similitudes que se puedan establecer entre ambos. El tipo de semejanza y las características similares forman parte de la trama de relaciones que constituyen la estructura interna de la analogía.

Se puede estructurar analogía del sistema solar / modelo de átomo de Rutherford como sigue:

	Sistema Solar	Átomo de Rutherford
Componentes	El Sol y los planetas	El núcleo y los electrones
Atributos	Gran tamaño del Sistema Solar Tamaño relativo del Sol y los planetas Temperatura y color	Minúsculo tamaño del átomo Tamaño relativo de núcleo y electrones Carga positiva en el núcleo y carga negativa en la corteza
Nexos	Distancia entre el Sol y los planetas Fuerza atractiva entre el Sol y los planetas Mayor masa del Sol que la de los planetas Mayor temperatura del Sol que la de los planetas	Distancia entre el núcleo y los electrones. Fuerza atractiva entre el núcleo y los electrones Mayor masa del núcleo que la de los electrones.
Relaciones	Giro alrededor (planetas, Sol), relaciones de distancia, de movimiento, fuerza de atracción, ...	

Entre los componentes del análogo existen conexiones que son las correlaciones o comparaciones entre elementos. Estas conexiones constituyen la estructura del análogo y suponen relaciones que conocemos como “nexos de los componentes del análogo”. El mismo razonamiento podíamos aplicar para el tópico.

Siempre existirán nexos que no se corresponden y que, por tanto, no serán relevantes para la analogía, como es el caso del nexo *más temperatura que*. Este nexo es descartado en este proceso de comparaciones del Sistema Solar y el átomo de Rutherford. En general, no todos los nexos se extrapolan entre el análogo y el tópico.

Modelo estructural

En la analogía del Sistema Solar existe una gran semejanza estructural entre el análogo y el tópico porque la mayoría de los nexos presentes en ambos son semejantes.

La transferencia de conocimiento desde el análogo al tópico se produce, fundamentalmente, como resultado de comparaciones entre nexos semejantes como los que se muestran en el siguiente esquema (Fernández y col. 2005):

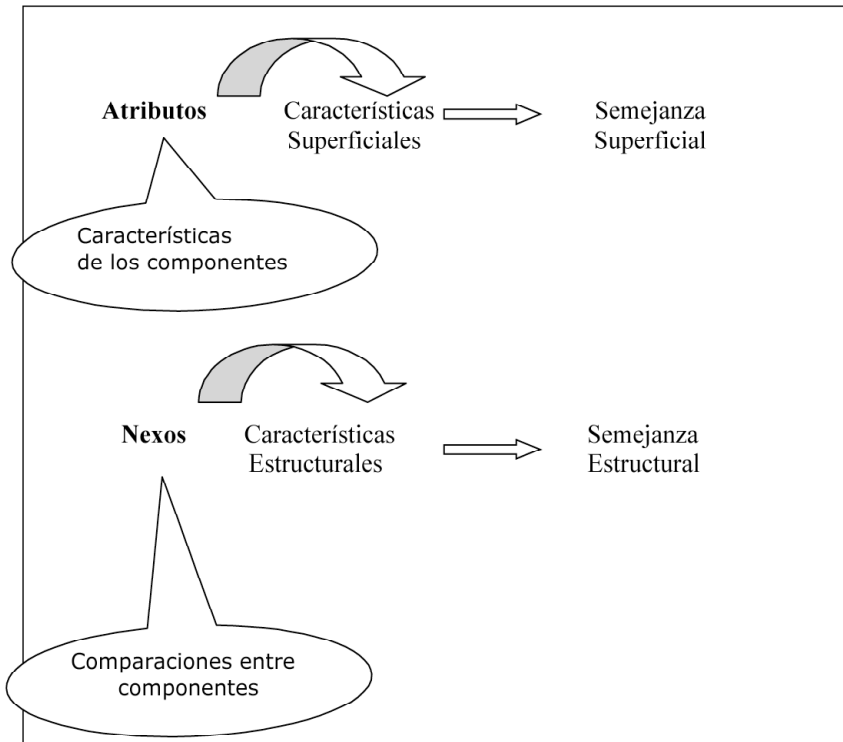
Mayor masa del Sol que de los planetas	↔	Mayor masa del núcleo que de los electrones
Distancia del Sol a los planetas	↔	Distancia del núcleo a los electrones
Fuerza atractiva entre el Sol y los planetas	↔	Fuerza atractiva entre núcleo y los electrones
Giro de los planetas alrededor del Sol	↔	Giro de los electrones alrededor del núcleo

La analogía del Sistema Solar para explicar el átomo de Rutherford pone de manifiesto que la *semejanza semántica* es la que gobierna la transferencia de conocimiento entre el análogo y el tópico. Los nexos “distancia”, “fuerza atractiva”, “gira alrededor de” y “más masa que” son nexos que presentan significados conceptuales semejantes en el Sistema Solar y en el átomo de Rutherford.

La *semejanza superficial*, es decir, las comparaciones entre los atributos del análogo y del tópico, puede dar lugar a que se transfieran nexos no relevantes para el aprendizaje. Un ejemplo de ello está en que el color amarillo del Sol, debido a su elevada temperatura, puede dirigir a los alumnos a pensar que es un atributo que tiene su semejante en el núcleo y, por este motivo, a transferir el nexo “más caliente que”.

También existe otra semejanza superficial en esta analogía, consistente en la visualización de objetos esféricos distribuidos en órbitas circulares.

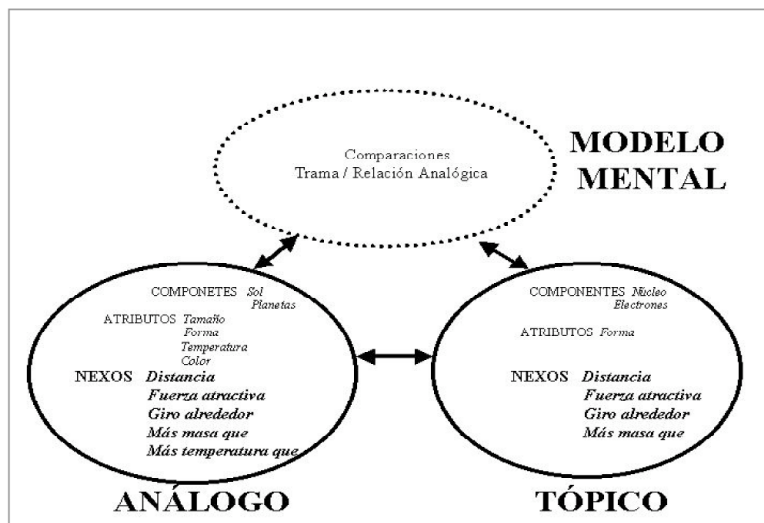
Forma esférica del Sol y de los planetas	↔	Forma esférica del núcleo y de los electrones
Forma de las órbitas circulares de los planetas	↔	Forma de las órbitas circulares de los electrones



Esquema acerca de Nexos y Atributos

La comparación de atributos no es significativa por cuanto sólo se podría seleccionar la forma de los componentes y las dimensiones relativas de estos componentes. Esto constituye la semejanza superficial.

Los nexos tienen prioridad sobre los atributos en la analogía. Sin embargo, no todos los nexos se extrapolan entre el análogo y el tópico. Así el nexo "*más masa que*" (sol, planeta) es extrapolable al átomo, pero el nexo formalmente similar "*más caliente que*" (sol, planeta), no se puede comparar.



Estructura de la analogía coherente con el modelo estructural (Fernández y col. 2005)

ALGUNAS OBSERVACIONES DE LA PUESTA EN PRÁCTICA

La puesta en práctica de esta analogía con alumnos de 3º ESO (14-15 años) nos muestra hasta qué punto las previsiones de los docentes se ven desbordadas por la imaginación y la diversidad de los esquemas mentales de los alumnos.

Se trabajó la analogía Sistema Solar-átomo de Rutherford con dos grupos de alumnos de ese nivel. Los alumnos tenían algunas nociones trabajadas en años anteriores de dicho modelo atómico, pero aún no habían estudiado el modelo en el presente curso. Se les propuso que discutieran las diferencias y el parecido del Sistema Solar y del modelo atómico de Rutherford en pequeños grupos. Para ello se utilizó como referencia sus conocimientos y la descripción del modelo, en texto e imagen, contenida en el libro de texto. Luego se utilizó una plantilla simple en forma de tabla en la que se recoge “en qué se parecen” y “en qué se diferencian” (componentes y atributos), “qué funciona igual” y “qué funciona distinto” (nexos). Tras una puesta en común, se discutieron los resultados y se completó el trabajo con las nuevas conclusiones, nuevas informaciones de otras fuentes y algunas de las indicaciones del profesor.

Se muestra a continuación un resumen-síntesis de las consideraciones que hicieron los alumnos en cada apartado.

	Modelo de Sistema Solar	Átomo según el modelo de Rutherford
Se parecen en que:	Tiene planetas redondos El Sol está en el centro	Tiene electrones ¿redondos? El núcleo está en el centro
Se diferencian en que:	El Sistema Solar es muy grande Hay planetas sólidos y planetas gaseosos El Sol está caliente El Sistema Solar es plano	El átomo es muy pequeño Los electrones son todos iguales. No sabemos si el núcleo está caliente El átomo no es plano, tiene forma de bola
Lo que funciona igual es:	Los planetas giran alrededor del Sol El Sol atrae a los planetas y no los deja irse	Los electrones giran alrededor del núcleo El núcleo atrae a los electrones para que no se vayan
Lo que funciona distinto es:	Los planetas tienen órbitas fijas Es difícil quitar planetas a un sistema Los planetas no se repelen	Los electrones giran por donde quieren Se pueden quitar y poner electrones a un átomo. Los electrones se repelen

Esta pequeña experiencia nos mostró que trabajar con constructos, jugando a las diferencias, y aplicarlo a atributos, nexos y relaciones permitía que nuestros alumnos obtuvieran observaciones y conclusiones que iban mucho más allá de las que una explicación o un libro de texto les pudiera suministrar en una actividad tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

- BROWN, A.L., KANE, M.J. Y ECHOLS, C.H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure. *Cognitive Development*, 1, 103-121.
- FERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ, B.; MORENO, T. (2005). Hacia una evolución en la concepción de analogía: aplicación al análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. En prensa.
- 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*, Vol. 19, nº 2 Junio 2001, pp. 231-242.
- GENTNER, D.(1983). Structure-Mapping: a Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, Vol. 7, pp. 155-170.
- GENTNER, D. Y GENTNER, E.R. (1983). *Flowing waters or treeming crowds: Mental models of electricity. Mental models*, Gentner & A. L. Stevens (Eds.), Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- GENTNER, D. (1989). The mechanisms of analogical reasoning. *Similarity and analogical reasoning*, S.Vosniadou & A.Ortony Eds., Cambridge University Press, London, pp. 199-241.
- GONZÁLEZ LABRA., M^a J. (1997). *Aprendizaje por analogía*. Editorial Trotta, S.A.
- HOLLAND, J.H.; HOLYOACK, K.J.; NISBETT, R.E. Y TAGHARD, P. (1986): *Induction: Processes of Inference, Learning and Discovery*. Cambridge: MIT Press.
- HOLYOAK, K. (1984). *Analogical thinking and Human Intelligence*. *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, Ed. R.J. Sternberg, Hillsdale, NJ: Erlbaum, Vol. 2, pp. 199-228.
- ISSING, L. J.(1990). Learning from pictorial analogies. *European Journal of Psychology of Education*, Vol. 5, n° 4, pp. 489-499.
- MOREIRA, M. A. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza-aprendizaje de la Física y en la investigación en este campo. *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 31-47, La Laguna, 2002.
- OLIVA, J. M^a. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), n° 2.