

Consideraciones acerca de la investigación en analogías

José Fernández González,*
Benigno Martín González González,*
Teodomiro Moreno Jiménez*

Resumen: Las analogías han contribuido a la construcción y desarrollo del conocimiento científico y a su posterior comunicación, por lo que se consideran fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. El avance de la investigación ha permitido contextualizar y establecer un posicionamiento acerca de la concepción y estructura de la analogía, el proceso analógico de enseñanza-aprendizaje, y los criterios que permiten clasificar las analogías presentes en los libros de texto. Esto ha despertado el interés por diseñar un método de aprendizaje con analogías, así como identificar y analizar las analogías presentes en los libros de texto de enseñanza secundaria. Se han identificado, clasificado y analizado las analogías presentes en los libros de texto de enseñanza secundaria de las editoriales de mayor difusión en nuestro país, y en consecuencia, se proponen recomendaciones para futuras investigaciones.

Palabras clave: Analogías, educación, proceso de enseñanza-aprendizaje, libros de texto.

Abstract: Analogies have contributed to the building and development of scientific knowledge and to its later communication. Therefore, they are considered basic in the teaching-learning process of Science. The researching improvement has allowed us to put into context and to establish a positioning about the conception and structure of analogy, of analogical process of teaching-learning, and the criteria that allow us to classify the analogies present in the textbooks. This has awoken an interest in designing a learning method with analogies and in identifying and analyzing the analogies present in the textbooks of Secondary Education. The present analogies in the textbooks of Secondary Education of the most important publishing companies have been identified, classified and analyzed, and therefore, some recommendations have been proposed for future research.

Keywords: Analogies, education, teaching-learning process, textbooks.

* Facultad de Educación, Universidad de La Laguna. Tenerife (España). Correo electrónico: jofdez@ull.es

Introducción

Nuestra vida cotidiana, científica y escolar está impregnada por los modelos como vía que facilita la comprensión y el entendimiento de los mensajes que se reciben desde los diferentes campos. Especial importancia adquieren los modelos en la didáctica de las ciencias (Fernández J. *et al.*, 2001).

Con mucha frecuencia se dice que una de las bases del éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias puede radicar en saber relacionar suficientemente los conceptos y contenidos abstractos con la realidad concreta y cotidiana. A partir de las investigaciones en psicología y en ciencia cognitiva se sabe que apropiarse de cualquier aspecto de la realidad supone representárselo, es decir, construir un modelo mental de esa realidad (Izquierdo, 1999). Se aprende ciencia cuando ese modelo mental, también denominado *modelo del sentido común*, va transformándose en modelo científico.

Los modelos del sentido común se construyen a partir de la experiencia cotidiana en el mundo natural y de las interacciones sociales. Los modelos científicos se construyen mediante la acción conjunta de la comunidad científica, que tiene a disposición de sus miembros herramientas poderosas para representar aspectos de la realidad. El científico se sirve de ellos para explicar, interpretar y comunicar la realidad (Galagovsky y Adúriz, 2001). Los modelos científicos suelen tener un nivel de abstracción alto debido al elevado grado de formalización. Este hecho hace que, muchas veces, los alumnos encuentren dificultad en la comprensión de los conceptos científicos. Aprender ciencias requiere, por tanto, reconstruir los conceptos científicos. El modelo analógico o analogía puede posibilitar esta construcción, ya que favorece la visualización de los conceptos científicos que en la mayoría de los casos son abstractos.

El desarrollo del mundo conceptual en el que se mueve la ciencia hace cada vez más necesario que los conceptos estén adecuadamente enlazados a una vivencia observacional o experimental previa. Con frecuencia el profesor de ciencias recurre al uso de las comparaciones, a través de las cuales pretende relacionar los aspectos nuevos o abstractos con estructuras más simples y familiares para el alumno (Clement, 1993).

El uso de las comparaciones en sus distintas modalidades (metáforas, símiles, etcétera) constituye una actividad espontánea de las personas a la hora de dar sentido a lo desconocido. El uso de técnicas de abstracción tales como analogías, imaginería, experimentos imaginarios y análisis de casos límite, han jugado un papel central en la construcción de nuevas representaciones científicas. Los científicos las emplean frecuentemente a la hora de elaborar y presentar sus teorías, y constituyen un recurso habitual del lenguaje científico y cotidiano (Clement, 1993). También son usadas por el profesorado como recurso didáctico en sus clases, y aparecen en los libros de texto, ya que constituyen una ayuda para el desarrollo de destrezas de razonamiento científico, para la comprensión de conceptos teóricos, e incluso para la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Wong 1993; Aragón 1997; Lawson, 1993).

El estudio de las analogías constituye, por tanto, una de las tareas de investigación más relevantes en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, desde hace poco tiempo esta línea de investigación ha cobrado un nuevo impulso a raíz de las concepciones recientes del aprendizaje como proceso de construcción. Este hecho ha sido destacado por diversos autores que han coincidido en afirmar que existe escasa investigación acerca de su utilización y su idoneidad en situaciones de clase, y de cómo los profesores y alumnos hacen uso de ellas como estrategia de enseñanza y de aprendizaje (Black y Solomon, 1987; Thiele y Treagust, 1995).

Es necesario replantear cuáles han de ser los objetivos básicos de esta línea de investigación, sobre todo teniendo en cuenta que en muchas ocasiones las analogías no funcionan en el sentido deseado. Los alumnos mantienen concepciones alternativas en lo que se compara, y no siempre la analogía les llega a ser comprensible y plausible (Aragón 1997).

Posner y colaboradores (1982) señalan que las analogías y las metáforas constituyen instrumentos “para sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles”. En la misma línea, Osborne y Freyberg (1985) sugieren que las analogías son una herramienta que los profesores pueden usar —además de la experimentación y la demostración— para acrecentar la inteligibilidad y plausibilidad de las explicaciones.

Ogborn y Martins (1996) afirman que las metáforas y analogías constituyen un aspecto esencial en el proceso de formación mental de las representaciones del mundo que nos rodea, así como de las inferencias que se pueden derivar de ellas.

En 1991 Duit llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre analogías, con trabajos que se remontaban bastantes años atrás, y estableció la diferencia entre analogías, metáforas, modelos y ejemplos, así como su función en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por otro lado, los estudios más recientes de Treagust y colaboradores (1992, 1996), y los de Brown y Clement (1989), muestran que las analogías proporcionan a los estudiantes medios para desarrollar sus ideas de una manera innovadora, conformándose como punto de referencia para inspeccionar la plausibilidad de sus explicaciones o conjeturas iniciales.

Gentner (1983, 1989) aborda el estudio del razonamiento analógico que tiene lugar cuando se utiliza, con éxito, la analogía. Propone la *teoría de extrapolación estructural*, que establece las bases de interpretación de la analogía, así como las semejanzas. También son importantes, en este sentido, las investigaciones llevadas a cabo por Holyoak y Thagard (1989), y que han dado lugar a la denominada *teoría de las restricciones múltiples*. Son investigaciones que, junto con las llevadas a cabo por Keane (1998), Vosniadou (1989b), Medin y Ortony (1989), Halpern, Hansen y Riefer (1990), Gick y Holyoak (1980), Zook y Di Vesta (1991), Goswami y Brown (1990), y Chen (1995), han permitido esclarecer los componentes o factores que influyen en el razonamiento analógico, así como los tipos de semejanza.

Pocos han sido los estudios dirigidos al uso y presencia de analogías en los libros de texto. Curtis y Reigeluth (1984) fueron pioneros al estudiar y clasificar 296 analogías de textos científicos. Thiele y Treagust (1994, 1995) describieron y clasificaron 93 analogías usadas en los libros de texto de química de secundaria en Australia, y señalaron que las analogías sugieren caminos interesantes para imaginar cosas. Cuando se usan símbolos y entes invisibles en la explicación y descripción de situaciones, se hace uso de un proceso de visualización que ayuda a la comprensión: proceso analógico. Estos investigadores argumentaron que muchos autores de libros

de texto asumen que el profesor usa en clase las analogías, pero son reacios a que aparezcan en los textos porque piensan que llevan implícita la discusión con los alumnos. Sugieren que los libros de texto incluyan en la guía del profesor analogías e instrucciones de cómo desarrollarlas, para que los profesores y alumnos puedan usarlas en el aula de manera efectiva.

Por otro lado, el estudio analítico de las analogías presentes en los libros de texto permitió a Glynn (1991) desarrollar un modelo de enseñanza con analogías: el denominado *Teaching with Analogies Model* (TWA), que posteriormente fue modificado por Harrison y Treagust (1993) con la finalidad de garantizar también la efectividad de las analogías que el profesorado utiliza en el aula.

El reconocido papel que los modelos han jugado en el desarrollo del conocimiento de la ciencia debe animarnos a cuestionar hasta qué punto son fundamentales en el aprendizaje científico para llevar a cabo la construcción del conocimiento (Dagher, 1994). Sin embargo, la palabra *modelo* se usa de diferentes formas en la vida cotidiana, por lo que son muy interesantes en este sentido las contribuciones de Black (1966), Gilbert y Osborne (1980), Gilbert (1993) y Porlán (1993), para intentar definir y establecer una clasificación de los modelos.

Según De Dios, Hoces y Perales (1997), el modelo permite tomar conciencia de la dificultad que tienen los alumnos para utilizar adecuadamente las analogías contenidas en los textos escolares. Cuando se introduce una representación se debe establecer explícitamente el significado que tienen sus diversos elementos y sus relaciones, y el marco teórico en que tiene validez; incluso, en muchos casos, su dimensión histórica. Cuando no se aclaran estas relaciones entre el contenido (conceptual, procedimental y actitudinal) y el modelo aparecen problemas de superposición, y se produce una confusión entre la forma y el contenido. Estos investigadores han realizado estudios que muestran diferentes aspectos de la problemática de la *modelización* y su ilustración en los libros de ciencias. Manifiestan la necesidad de elegir adecuadamente los modelos teóricos y su transformación didáctica, cómo y para qué se introducen, sus relaciones con la explicación de los fenómenos, su carácter *teórico* y *relativo*, y su situación en un contexto que permita relativizarlos. En

el caso de las analogías han observado que, a veces, se presentan de manera que pretenden trivializar el problema sin tener en cuenta que muchas de las ideas propuestas han sido integradas en modelos más complejos por la comunidad científica. Se contribuye, pues, a transmitir una imagen simplista de una realidad compleja.

Dagher (1994) sugiere que la contribución de las analogías al cambio conceptual puede ser tácita, conduciendo a cambios, pequeños pero sustantivos, en la comprensión de los conceptos por parte de los alumnos. Asimismo, las analogías pueden contribuir, también, a la creatividad e imaginación, o a la habilidad para hacer nuevas conexiones entre los conceptos. Estas especulaciones teóricas acerca del papel de las analogías en la producción del cambio conceptual establecen el escenario de una exploración empírica de las contribuciones de las analogías al cambio conceptual en la enseñanza de la ciencia.

Es interesante, en este sentido, la revisión bibliográfica llevada a cabo por Scott, Asoko y Driver (1991), en la que se explicitan las pautas y recursos didácticos de enseñanza para promover el cambio conceptual. Entre estos recursos destaca el de las *analogías puente* de Brown y Clement (1989).

Se ha constatado que los profesores de ciencia en secundaria usan analogías en sus explicaciones (Dagher y Cossman, 1992; Treagust *et al.*, 1992), pero se han realizado pocos estudios de campo acerca del uso y de la efectividad de dichas analogías en el aula. Los estudios de aula de Dupin y Johsua (1989), de Treagust y colaboradores (1996), y de Brown y Clement (1989), usando grupos de control y grupos experimentales, mostraron que los estudiantes en cuya enseñanza estaban presentes las analogías, obtenían mejores resultados en los tests y entrevistas. Estos hallazgos apuntan a que las analogías contribuyen positivamente al aprendizaje de los alumnos.

Vosniadou y Ortony (1989) afirman que el mapa de relaciones entre el modelo y lo que se representa es importante, especialmente en situaciones donde la persona que tiene que comprender la analogía tiene un dominio relativamente pobre del objeto del aprendizaje. Ellos advierten de la inconveniencia de restringir "el papel educativo y comunicativo de la analogía... para la creación de nuevas estructuras cognitivas".

Clement (1989) documenta el papel significativo que juegan las analogías en “la generación de soluciones a un problema científico, y, más específicamente, que pueden algunas veces llevar a un nuevo modelo de situación problemática”. Su descripción del uso espontáneo de analogías para resolver problemas constituye un soporte evidente de la contribución de las analogías en el desarrollo conceptual, motivando transformaciones progresivas de ideas, más que un cambio abrupto en las categorías. El estudio de Wong (1993) del papel de las analogías construidas por los alumnos, para la construcción y refinamiento de las explicaciones, confirma el hallazgo de Clement y, ambos, demuestran cómo el uso de analogías ayuda al desarrollo y flexibilidad de ideas.

La contribución de las analogías a la comprensión de conceptos no debería limitar su contribución al entendimiento de la ciencia como investigación (Schwab, 1962) o como un proceso de construcción de modelos (Carey *et al.*, 1989; Gilbert, 1991; Grosslight *et al.*, 1991). Limitar la contribución de las analogías exclusivamente a los conceptos puede descuidar un examen de su contribución potencial a la creatividad e imaginación o a la habilidad de hacer nuevas conexiones entre los dominios, porque la enseñanza de la ciencia va más allá de la enseñanza de conceptos y destrezas, y porque enfocar la investigación al desarrollo conceptual no debe descuidar otros factores motivacionales en el proceso de aprendizaje (Palincsar *et al.*, 1993; Pintrich *et al.*, 1993). Las analogías pueden otorgar a los alumnos el nivel de ánimo y seguridad que les facilite conectar su mundo con el de las teorías y abstracciones, permitiéndoles ver la ciencia como “un progreso del conocimiento” (Robert, 1970), y reforzando su potencial imaginativo y su “flexibilidad conceptual” (Bloom, 1992).

A modo de síntesis, y según las investigaciones llevadas a cabo, se puede afirmar que la contribución de las analogías al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza está fundamentada en los siguientes aspectos: relacionan los contenidos abstractos con la realidad concreta (Dagher, 1994); son instrumentos “para sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles” (Posner *et al.*, 1982); son una herramienta que los profesores pueden utilizar, junto

con la experimentación y la demostración, para acrecentar la inteligibilidad y plausibilidad de las explicaciones (Osborne y Freyberg, 1985); han jugado un papel central en la construcción de nuevas representaciones científicas y en la comunicación de las mismas a otros miembros de la comunidad científica, por lo que deben ser fundamentales en el aprendizaje científico (Posner *et al.*, 1982); pueden a veces servir como propósito para resaltar lo que ya es conocido (Vosniadou y Ortony, 1989); facilitan al alumno el ver la ciencia como un “progreso del conocimiento” (Roberts, 1970); refuerzan su potencial imaginativo, creatividad y habilidad para hacer nuevas conexiones entre los dominios (Bloom, 1992); y aumentan la habilidad de los estudiantes para resolver problemas (Friedel *et al.*, 1990) y comprender textos (Vosniadou y Shommer, 1988).

Sin embargo, el peculiar punto de vista (conocimientos previos, intereses, motivaciones, experiencias) del alumno que observa una analogía produce interpretaciones muy diversas. Este hecho hace que las explicaciones de las analogías no sean una tarea sencilla. Al ser un recurso metodológico de enseñanza-aprendizaje, va a estar impregnada de la concepción que se tiene de la educación y del proceso educativo, es decir, del modelo didáctico. Además, cada analogía plantea problemas desde el punto de vista de la eficacia en el proceso de comunicación: analogías que contienen errores desde el punto de vista del conocimiento científico, analogías cuya comprensión y uso exigen un aprendizaje que se da por supuesto, desfases entre las intenciones de los autores o profesores y la lectura o interpretación espontánea que realizan los alumnos.

Al acercarse al problema, desde la reciente y muy abundante literatura sobre las concepciones espontáneas de los alumnos en ciencias (es decir, del rol que se otorga al conocimiento previo y los puntos de vista personales de los alumnos), se comprende que las relaciones entre los textos y las analogías, así como el contexto en el que tiene lugar su puesta en acción, también deben ser objeto de análisis en ámbitos concretos del conocimiento. Los resultados obtenidos en este análisis pueden permitir a los autores y al profesorado conocer mejor el terreno cuando deciden cómo diseñar el proceso analógico. Esto debe ser una investigación prioritaria, máxime si

se tiene en cuenta la utilización masiva, y a veces exclusiva, del libro de texto como recurso docente (De Dios, Hoces y Perales, 1997).

Contextualización y posicionamiento de las analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Concepción y estructura de la analogía

La analogía es un intento más de modelizar en aras del aprendizaje. Puede considerarse como un recurso didáctico útil para aplicar en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Conecta, mediante la comparación, el nuevo conocimiento con el que ya tienen los alumnos. La comparación relaciona una situación familiar al alumno, denominada *análogo*, con el concepto teórico y abstracto desconocido, denominado *tópico*. Facilita, por tanto, la conexión entre el conocimiento adquirido previamente y lo que se pretende aprender, para que tenga lugar una transferencia de conocimiento desde el análogo al tópico, entre las características semejantes de ambos, a través de la *trama* o *relación analógica*.

Las características semejantes entre el análogo y el tópico obedecen a:

1. Que tanto el análogo como el tópico están formados por *componentes*.
2. Que cada componente se caracteriza por una serie de propiedades, características o *atributos*.
3. Que entre los componentes existen *nexos*, que son las correlaciones entre estos componentes.
4. Que estos nexos constituyen la estructura interna del análogo y del tópico.
5. Las comparaciones de nexos semejantes del análogo y del tópico son la parte fundamental de la *trama* o *relación analógica*. Se suele denominar *semejanza estructural*, ya que afecta a su configuración, pero que incluso puede alcanzar al significado (*semejanza semántica*). Las comparaciones de atributos

(características superficiales) semejantes entre el análogo y el tópico tienen un carácter más secundario en la relación analógica. Se suelen denominar *semejanza superficial* (ver figura 1).

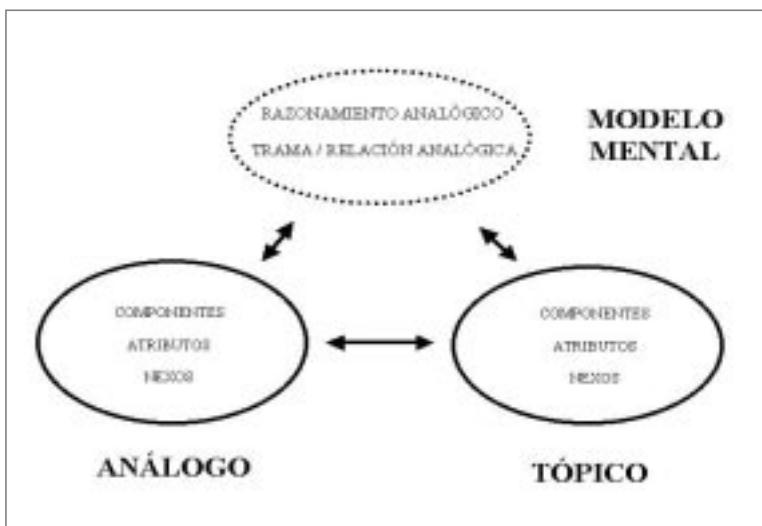


Figura 1.

Por tanto, se puede expresar:

Una analogía es una propuesta representativa de las estructuras del análogo y del tópico. Mediante una trama de relaciones se comparan, fundamentalmente, los nexos semejantes entre ambos. Su finalidad es la comprensión y el aprendizaje del tópico mediante la transferencia de conocimiento del análogo al tópico. Las comparaciones de atributos semejantes tienen un carácter secundario (González, 2000).

Criterios de clasificación de las analogías

Las analogías se reconocen por unas características que obedecen a los siguientes criterios de clasificación:

- *Localización*. La localización de la analogía describe en qué parte de la unidad didáctica o de la sesión de clase se introduce: en el inicio, en el desarrollo o en las actividades finales de la misma.
- *Formato de presentación*. Las analogías pueden presentarse en tres formatos: *pictórico*, *verbal* y *pictórico-verbal*. Una analogía se presenta en formato pictórico cuando en el texto o en la explicación del profesor, la única información disponible del análogo es una imagen; sólo lleva, por lo tanto, un dibujo o representación del análogo. Se presenta en formato verbal cuando en el texto o en la explicación del profesor no figura la imagen del análogo, por lo que sólo tiene texto y carece de dibujo o representación del análogo. Se presenta en formato pictórico-verbal cuando en el texto o en la explicación del profesor figura una imagen con texto. Es decir, está en ambos formatos: pictórico y verbal.
- *Orientación analógica*. Una analogía presenta orientación analógica cuando —en el texto o el profesor en clase— se explica y describe el análogo, con sus componentes, atributos y nexos más relevantes, o cuando advierte a los alumnos de que la técnica de aprendizaje que se está utilizando es una analogía. La advertencia viene indicada con las palabras *analogía*, *análogo/a*,

símil, similar, asemeja o semejante. No presenta orientación analógica cuando no se da ninguna de las dos condiciones anteriores, es decir, ni se explica el análogo ni se advierte.

• *Posición del análogo respecto al tópico.* El análogo puede presentarse en cada una de las tres posiciones siguientes: antes de conocer o tener una explicación del tópico (como un organizador avanzado), durante la explicación del tópico (como un activador incrustado) o después de explicar y enseñar el tópico (como un pos sintetizador).

• *Nivel de abstracción.* Las analogías se clasifican, dependiendo del nivel de abstracción que presenten el análogo y el tópico, en: *concreto-concreto* (tanto el análogo como el tópico son concretos), *concreto-abstracto* (cuando el análogo es concreto y el tópico es abstracto) y *abstracto-abstracto* (tanto el análogo como el tópico son abstractos).

• *Relación analógica.* La relación analógica es *estructural* cuando el análogo y el tópico presentan semejanzas en la apariencia física externa o interna. Cuando análogo y tópico presentan semejanzas en la función o en el comportamiento, la relación analógica es *funcional*. Cuando presentan ambos tipos de semejanza la relación analógica es *estructural-funcional*.

• *Nivel de enriquecimiento.* El nivel de enriquecimiento de una analogía es la extensión con que el profesor o autor del libro de texto describe las comparaciones entre los distintos componentes y nexos del análogo y del tópico. Las analogías se clasifican, según su nivel de enriquecimiento en: *simples, enriquecidas, enriquecidas con limitaciones y extendidas*.

• *Multiplicidad.* Las analogías múltiples son aquéllas en las que se emplean varios análogos para explicar aspectos distintos de un tópico muy amplio o complejo.

Análisis de las analogías en los libros de texto

Se ha realizado un análisis de las analogías en los libros de texto que contempla las siete editoriales de libros de texto de educación secundaria que mayor arraigo tienen en el Estado español (González,

Moreno y Fernández, 1992). Conforman una muestra de 84 libros de texto que tratan sobre las siguientes materias: ciencias de la naturaleza, física y química, biología y geología, física, química, biología, geología y ciencias de la tierra y del medio ambiente. Se han identificado, censado, clasificado y analizado, en estos libros de texto, un total de 399 analogías (ver figura 2). Asimismo, se describen algunas de las conclusiones más relevantes del análisis de los libros de texto, agrupadas en dos apartados: en el primero se exponen conclusiones relacionadas con el promedio de analogías por cada libro de texto y analogías presentes por etapas educativas, materias y tópicos; en el segundo apartado se explicitan conclusiones relacionadas con la naturaleza de las analogías presentes en los libros de texto.

Promedio de analogías en cada libro de texto y analogías presentes por etapas educativas, materias y tópicos

Los promedios de analogías por cada libro de texto (4.75 analogías por cada libro de texto en el total de la muestra, y 4.67 analogías por cada libro de texto en los textos de química) son bajos si se comparan con los obtenidos en otras investigaciones que se han llevado a cabo con libros de texto en otros países (8.3 analogías por cada libro de texto en textos de ciencias estadounidenses, y 9.3 analogías por cada libro de texto en textos de química australianos).

Mediante la utilización de analogías, los autores y editores de libros de texto de ciencias se inclinan por facilitar la comprensión de los conceptos a los alumnos (después de seis cursos de educación primaria, le sigue la educación secundaria obligatoria [ESO], que está formada por dos ciclos de dos cursos cada uno, frente a los de bachillerato [52.9% de las analogías que se han identificado pertenecen a textos de ESO]).

El análisis de las materias que se imparten en ESO revela que las editoriales de libros de texto de ciencias se decantan por utilizar el mayor número de analogías en la materia ciencias de la naturaleza, que corresponde a los textos de primero y segundo grado de ESO (ver cuadro 1).

En los libros de texto del segundo ciclo de la ESO se emplean con mayor frecuencia las analogías en las materias de física y química

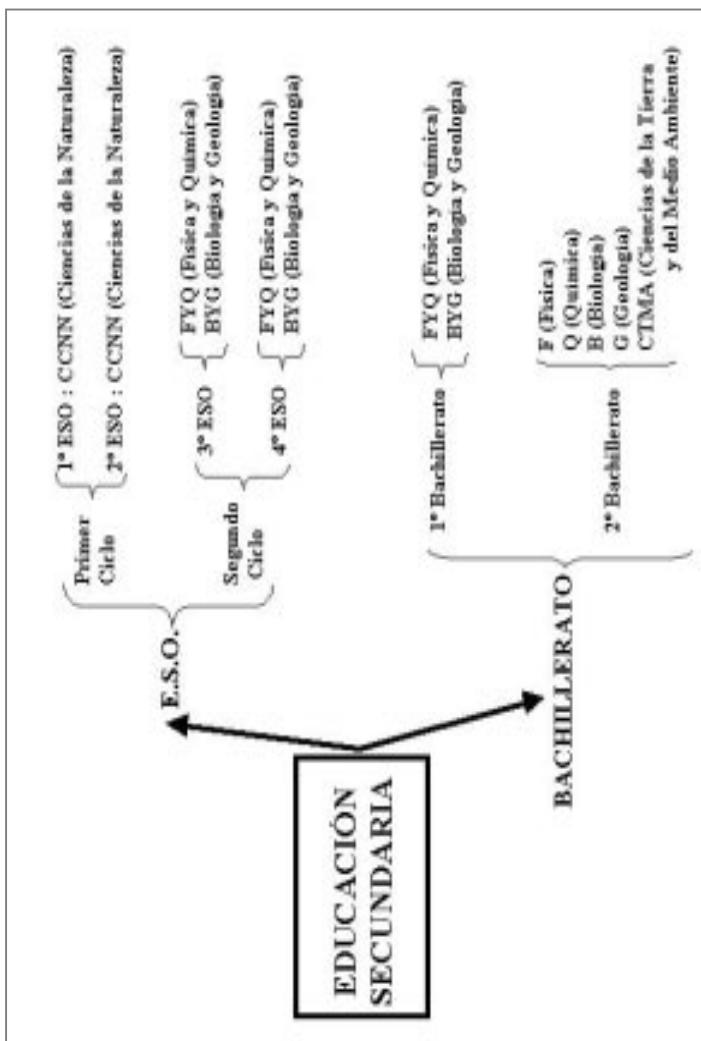


Figura 2.

**Cuadro 1. Distribución de las analogías
por materias en ESO y bachillerato.**

Materias	CCNN	F Y Q	F Y Q	B Y G	B Y G	F	Q	B	G	CTMA	Total
Númde analogías	85	70	43	56	45	43	28	28	0	1	399
%de analogías	21.3	17.5	10.8	14.0	11.3	10.8	7.02	7.02	0	0.251	100

(17.5%) que en las de biología y geología (14.0%). Esto debido a que los textos de física y química presentan contenidos más complejos, difíciles y abstractos (como los de electricidad y química) y, por lo tanto, más proclives a recibir tratamiento analógico.

Aparecen más analogías en los textos de biología y geología de primer grado de bachillerato (11.3%) que en los de física y química del mismo nivel escolar (10.8%). No se mantiene, por tanto, en este curso, la tendencia observada en la ESO de otorgar tratamiento analógico preferente a los conceptos de mayor grado de abstracción.

Se otorga tratamiento analógico apreciable en los textos de física de segundo grado de bachillerato a los contenidos que están relacionados principalmente con la electricidad y el magnetismo, y en los textos de química de segundo grado de bachillerato a los que están relacionados fundamentalmente con la estructura atómica y el equilibrio químico.

Según los criterios de clasificación:

LOCALIZACIÓN EN LA UNIDAD DIDÁCTICA

Más de las tres cuartas partes (78.7%) de las analogías que se han identificado se encuentran localizadas en el desarrollo de la unidad didáctica (UD), porque las analogías se utilizan como herramientas de ayuda al aprendizaje.

Las analogías que figuran en los márgenes de los textos (15.8% del total) se encuentran localizadas en el desarrollo de la UD. Este hecho confiere a las analogías un carácter secundario, ya que los autores y editores de libros de texto tienden a “no sacrificar espacio de copia” para introducir imágenes analógicas.

Formato de presentación:

Más de la mitad de las analogías que se han identificado en los textos (56.0%) se encuentran en formato verbal. Por lo tanto, se concede poca importancia a las imágenes analógicas en los libros de texto (ver figura 3).

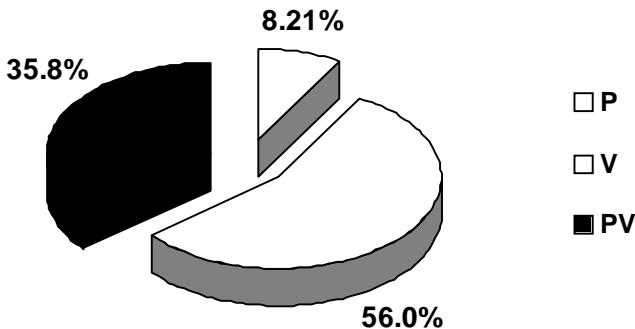


Figura 3.

Distribución de las analogías según su formato de presentación.

La mayor parte de las analogías de formato pictórico-verbal (60.3%) y de formato pictórico (72.6%) se han identificado en los textos de secundaria. Este hecho pone de manifiesto que los autores y editores muestran predisposición a ayudar a los alumnos de los cursos más bajos de la educación secundaria para la comprensión de los tópicos mediante su visualización.

Las editoriales se inclinan por ayudar a los alumnos para la comprensión de los tópicos abstractos mediante la visualización, hecho que queda patente al otorgar a los tópicos de física y química (más abstractos) un mayor tratamiento analógico en los formatos pictórico y pictórico-verbal (31.2%), que a los de biología y geología de la ESO y de primer grado de bachillerato (8.33%).

Orientación:

Los autores y editores asumen que el alumno ya conoce el análogo que se va a usar y que es capaz de reconocer en su caso el pasaje del texto como analógico. Esta argumentación se sustenta en que más

de la mitad de las analogías identificadas (50.6%) no presenta orientación analógica, y sólo aparece ésta en una cantidad muy pequeña (13.0%).

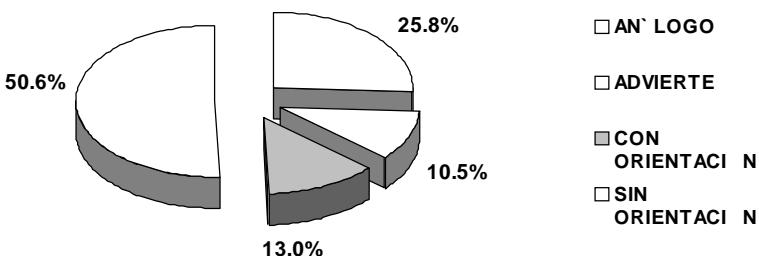


Figura 4. Distribución de las analogías según la orientación.

Las editoriales no han tenido en cuenta que en los niveles más bajos de la ESO (y dentro de ella, en el primer ciclo) hay mayor probabilidad de que los alumnos no lleguen a comprender la analogía y, por lo tanto, sea más necesaria la orientación analógica. Son pocas las analogías con orientación analógica (40.4%) que se encuentran en los textos de secundaria, y dentro de éstos, una cantidad muy pequeña (15.4%) se halla en los textos del primer ciclo.

Se manifiesta el esfuerzo por facilitar la comprensión y el aprendizaje de aquellos conceptos más abstractos, como los de física y química, frente a otros más concretos, como los de biología y geología, empleando analogías con orientación analógica.

Posición:

La mayor parte de las analogías (48.6%) que se han identificado en los textos presentan el análogo como activador incrustado, en comparación con 27.6% que muestran el análogo después de explicar y enseñar el tópico, y 23.8% que presenta el análogo antes de conocer o tener una explicación del tópico. Este hecho permite afirmar que los autores y editores manifiestan una tendencia coherente con los investigadores en el campo de las analogías, ya que aconsejan presentar el análogo como activador incrustado.

Condición o nivel de abstracción:

Se emplean, mayoritariamente, analogías que hacen que el contenido difícil y abstracto del tópico se compare en el análogo con otro contenido más simple, familiar y perceptible por los sentidos. Este hecho queda constatado porque la mayoría de las analogías identificadas en los textos (68.7%) presenta un nivel de abstracción concreto-abstracto.

La mayor parte de las analogías de nivel de abstracción concreto-abstracto (54.8%) se han identificado en los textos de secundaria, y dentro de éstos, en los de física y química (23.4%), frente a los de biología y geología (12.4%). Este hecho pone de manifiesto el esfuerzo de las editoriales por ayudar al alumnado de los cursos más bajos de la educación secundaria a visualizar y comprender los tópicos abstractos mediante la comparación con análogos concretos, familiares y perceptibles por los sentidos.

Las analogías de nivel de abstracción concreto-concreto se presentan fundamentalmente para explicar conceptos de biología y/o geología —tanto en los textos de la secundaria como en los de bachillerato— que tienen un nivel de abstracción inferior a los de química o física.

Se observa que los textos de física de segundo grado de bachillerato son los que ostentan el mayor porcentaje de analogías (64.5%) de nivel de abstracción abstracto-abstracto. Estos datos vienen a confirmar que se utiliza el concepto abstracto (explicado con anterioridad en el libro de texto) para introducir otro concepto abstracto.

Relación analógica:

El mayor porcentaje de analogías (69.4%) que se ha identificado en los textos —tanto de ESO como de bachillerato—, son analogías en las que la relación analógica es funcional.

Para facilitar el aprendizaje del alumnado de cursos inferiores, más de la mitad de las analogías tienen relación analógica estructural-funcional (52.4%) en los textos de secundaria. Además, estas analogías de relación analógica estructural-funcional se encuentran predominantemente en los textos que presentan conceptos de mayor nivel de abstracción como son los de física y química de tercero y cuarto curso de ESO (26.2%), en comparación con los de biología y geología de ESO (9.84%).

Nivel de enriquecimiento:

Más de la mitad (57.6%) de las analogías identificadas son simples. Este hecho pone de manifiesto que las editoriales han infravalorado que cuando la analogía se emplea sin explicar en un texto, la comprensión del tópico puede ser incompleta y/o incorrecta debido a las dificultades que pueden encontrar los alumnos en el proceso de extrapolación (ver figura 5).

En la mayor parte de las analogías que se han identificado (94.2%) no se explicitan las limitaciones. Este hecho muestra que los textos escolares han subestimado los posibles errores conceptuales que se pueden generar en el alumnado, a partir del establecimiento de comparaciones inadecuadas entre el análogo y el tópico, como consecuencia de no advertirles de las limitaciones de la analogía, y con el agravante de que si bien esta posibilidad es mayor en los alumnos de niveles más bajos, las escasas analogías enriquecidas con limitaciones se han identificado en los textos de bachillerato (ver figura 6).

Se ha subestimado la utilización de analogías extendidas a la hora de garantizar la efectividad de las analogías. Sólo 5.55% de las analogías identificadas son extendidas en el análogo, y únicamente 0.50% son extendidas en el tópico.

Las editoriales han considerado irrelevante que los alumnos de ESO, en comparación con los de bachillerato, tienen mayor probabilidad

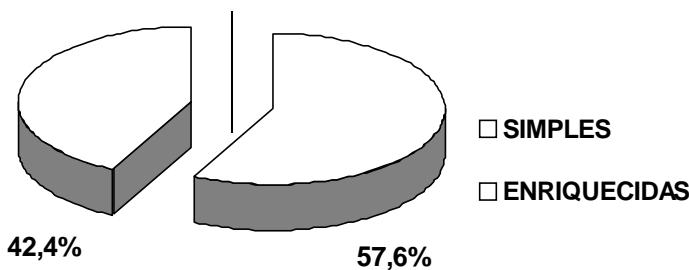


Figura 5.
Distribución de las analogías según su enriquecimiento.

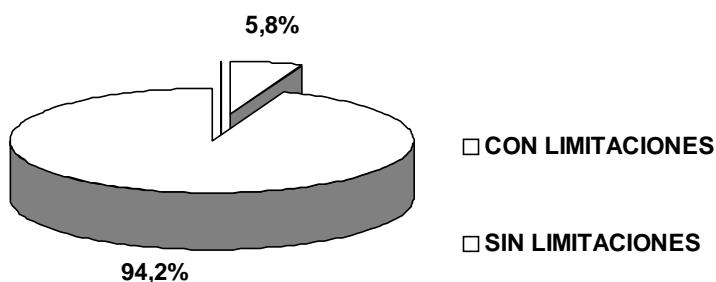


Figura 6.
Distribución de las analogías según su enriquecimiento.
Con limitaciones y sin limitaciones.

de no conocer el análogo y, por lo tanto, que las analogías extendidas en el análogo deberían estar localizadas, preferentemente, en los textos de ESO. Esta afirmación se fundamenta en que 66.7% de las analogías extendidas en el análogo se encuentran en los textos de bachillerato, frente a 33.3% que se encuentran en los textos de ESO.

Conclusiones

El resultado del estudio de las analogías presentes en los libros de texto de educación secundaria obligatoria y bachillerato, nos permite concluir:

- En los textos españoles de secundaria se utilizan las analogías con menor frecuencia que en otros países con estudios parecidos.
- Para los editores de libros de texto las analogías tienen un carácter secundario por cuanto le “consumen espacio de escritura”. En el mejor de los casos se utilizan como apoyo en el desarrollo de la lección en forma pictórico-verbal.
- El uso más reconocido es el utilizar un análogo concreto para explicar un tópico abstracto.
- Por la forma de utilizar las analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se percibe una carencia de reflexión didáctica acerca del diseño de la analogía y de sus limitaciones.

Por todo ello se considera apropiado:

1. Conocer qué concibe como analogía el profesorado y el alumnado.
2. Disponer de una recopilación y censo de las analogías que se utilizan. Se considera muy útil la elaboración de un catálogo de analogías de interés docente.
3. Hacer propuestas, elaboradas didácticamente, de las analogías detectadas.
4. Es apropiada una investigación orientada a averiguar cómo construye el alumnado las analogías en su proceso de aprendizaje y conocer qué procesos mentales emplea.

Bibliografía

- Aragón, M., M. Bonat, J. Cervera, J. Mateos, J. Oliva. 1997. "Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y de la química". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, V Congreso, pp. 235-236.
- Black, D. y J. Solomon. 1987. "Can Pupils Use Taught Analogies for Electric Current?". *School and Science Review*, vol. 69, núm. 247, pp. 249-254.
- Black, M. 1966. *Modelos y metáforas*. Madrid, Editorial Tecnos.
- Bloom, J. 1992. "Contextual Flexibility: Learning and Change from Cognitive, Sociocultural, and Physical Context Perspectives". *The History and Philosophy of Science in Science Education*, vol. 1, pp. 115-125, Kingston, Editorial S. Hills.
- Brown, D. y Clement, J. 1989. "Overcoming Misconceptions Via Analogical Reasoning: Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction". *Instructional Science*, vol. 18, pp. 237-261.
- Carey, S. y R. Evans. 1989). "An Experiment is when you try it and see if it Works: A Study of Grade 7 Students' Understanding of the Construction of Scientific Knowledge". *International Journal of Science Education*, vol. 11, edición especial, pp. 514-529.
- Chen, Z. 1995. "Analogical Transfer: From Schematic Pictures to Problem Solving". *Memory & Cognition*, vol. 23, núm. 2, pp. 255-269.
- Clement, J. 1989. "Learning Via Model Construction and Criticism". *Handbook of Creativity*, pp. 341-381, Nueva York, Editorial Plenum Press.
- _____. 1993. "Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics". *Journal of Research in Science Teaching*, vol.30, núm. 10, pp. 1241-1257.
- Curtis, R. y C. Reigeluth. 1984. "The Use of Analogies in Written Text". *Instructional Science*, vol. 13, núm. 2, pp. 99-117.
- Dagher, Z. 1994. "Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change?". *Science Education*, vol. 78, núm. 6, pp. 601-614.
- Dagher, Z. y G. Cossman. 1992. "Verbal Explanations Given by Science Teachers: Their Nature and Implications". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, núm. 4, pp. 361-374.

- De Dios Jiménez, J., P. Hoces y F. Perales. 1997. "Análisis de los modelos y grafismos utilizados en los libros de texto". *Alambique*, núm. 11, pp. 75-85.
- Duit, R. 1991. "On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science". *Science Education*, vol 75, núm. 6, pp. 649-672.
- Duppin, J. y S. Joshua. 1989. "Analogies and Modeling Analogies in Teaching-Some Examples in Basic Electricity". *Science Education*, vol. 73, núm. 2, pp. 207-224.
- Fernández, J., N. Elortegui, J. Rodríguez, y T. Moreno. 2001. *Modelos didácticos y enseñanza de las ciencias*. La Laguna (Tenerife), Centro de la Cultura Popular Canaria.
- Friedel, A., D. Gabel, y J. Samuel. 1990. "Using Analogies for Chemistry Problem Solving". *School Science and Mathematics*, núm. 90, pp. 674-682.
- Galagovsky, L. y A. Adúriz-Bravo. 2001. "Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de 'modelo didáctico analógico' ". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19, núm. 2, junio, pp. 231-242.
- Gentner, D. 1983. "Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy". *Cognitive Science*, vol. 7, pp. 155-170.
- _____. 1989. "The Mechanisms of Analogical Reasoning". *Similarity and Analogical Reasoning*. Londres, S. Vosniadou & A. Ortony Eds., Cambridge University Press, pp. 199-241.
- Gick, M. y K. Holyoak. 1980. "Analogical Problem Solving". *Cognitive Psychology*, núm. 12, pp. 306-355.
- Gilbert, J. 1993. "Models and Modelling in Science Education". Hatfield, Gran Bretaña, Association for Science Education.
- Gilbert, J., R. Osborne. 1980. "The Use of Models in Science and Science Teaching". *European Journal of Science Education*, vol. 2, núm. 1, pp. 3-13.
- Gilbert, S. 1991. "Model Building and a Definition of Science". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28, núm. 1, pp. 73-79.
- Glynn, S. 1991. "Explaining Science Concepts: A Teaching with Analogies Model". *The Psychology of Learning Science*. S. Glynn, R. Yeany y Britton (eds.), cap. 10, pp. 219-240.

- González, B.M. 2002. "Las analogías en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza". Tesis Doctoral. Universidad La Laguna.
- González, B.M. y T. Moreno. 1998. "Las analogías en la enseñanza de las ciencias". *La Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria*, Madrid, Ed. Colegio Oficial de Biólogos, II Simposio, 1998, pp. 204-206.
- González, B.M., T. Moreno, y J. Fernández. 2000. "Modelos de enseñanza con analogías". *Actas de los XIX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, pp. 161-169.
- Goswami, U. y A.L. Brown. 1990. "Melting Chocolate and Melting Snowmen: Analogical Reasoning and Causal Relations". *Cognition*, núm. 35, pp. 69-95.
- Grosslight, L., C. Unger, E. Jay y C. Smith. 1991. "Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28, núm. 9, pp. 799-822.
- Halpern, D. C. Hansen y D. Riefer. 1990. "Analogies as an Aid to Understanding and Memory". *Journal of Educational Psychology*, vol. 82, núm. 2, pp. 298-305.
- Harrison, A. y D. Treagust. 1993. "Teaching with Analogies. A Case Study in Grade 10 Optics". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, núm. 10, pp. 1291-1307.
- Holyoak, K. y P. Thagard. 1989. "Analogical Mapping by Constraint Satisfaction". *Cognitive Science*, vol. 13, pp. 295-355.
- Izquierdo, M. 1999. "Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra.
- Keane, M. 1988. "Analogical Mechanisms". *Artificial Intelligence Review*, vol. 2, pp. 229-250.
- Lawson, A. 1993. "The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, núm. 10, pp. 1213-1214.
- Medin, D. y A. Ortony. 1989. "Psychological Essentialism". *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge, Eds. Vosniadou y A. Ortony, Cambridge University Press, pp. 179-195.

- Ogborn, J. y I. Martins. 1996. "Metaphorical Understandings and Scientific Ideas". *International Journal of Science Education*, vol. 18, núm. 6, pp. 631-652.
- Osborne, R. y P. Freyberg. 1985. "Learning in Science: The Implications of Children's Science". Auckland, Heinemann.
- Palincsar, A., C. Anderson y Y. David. 1993. "Pursuing Scientific Literacy in the Middle Grades through Collaborative Problem Solving". *The Elementary School Journal*, núm. 93, pp. 643-658.
- Pintrich, P., R. Marx y R. Boyle. 1993. "Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change" *Review of Educational Research*, núm. 63, pp. 167-199.
- Porlán, R. 1993. *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla, Ed. Díada.
- Posner, G., K. Strike, P. Hewson y W. Gertzog. 1982. "Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change". *Science Education*, núm. 66, pp. 211-227.
- Roberts, D. 1970. "Science as an Explanatory Mode". *Main Currents in Current Thought*, vol. 26, núm. 5, pp. 131-139.
- Schwab, J. 1962. "The Teaching of Science as Enquiry". *The Teaching of Science*. Cambridge, Editorial Harvard University Press, pp. 1-103.
- Scott, P., M. Asoko y R. Driver. (en línea). 1991. "Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies". <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C5.html>
- Thiele, R. y D. Treagust. 1994. "The Nature and Extent of Analogies in Secondary Chemistry Textbooks". *Instructional Science*, vol. 22, núm. 1, pp. 61-74.
- Thiele, R. y D. Treagust. 1995. "Analogies in Chemistry Textbooks". *International Journal of Science Education*, vol. 17, núm. 6, pp. 783-795.
- Treagust, D., R. Duit, P. Joslin y I. Lindauer. 1992. "Science Teachers' use of Analogies: Observations from Classroom Practice". *International Journal of Science Education*, vol. 14, núm. 4, pp. 413-422.

- Treagust, D., A. Harrison y G. Venville. 1996. "Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change". *International Journal of Science Education*, vol. 18, núm. 2, pp. 213-229.
- Vosniadou, S. 1989b. "Analogical Reasoning as a Mechanism in Knowledge Acquisition: A Developmental Perspective". *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge, Eds. S. Vosniadou y A. Ortony, Cambridge University Press, pp. 413-437.
- Vosniadou, S. y A. Ortony. 1989. "Similarity and Analogical Reasoning: A Synthesis." En S. Vosniadou y A. Ortony (eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 1-17.
- Vosniadou, S. y M. Schommer. 1988. "Explanatory Analogies Can Help Children Acquire Information From Expository Text". *Journal of Educational Psychology*, vol. 80, núm. 4, pp. 524-536.
- Wong, D. 1993a. "Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, núm 10, pp.1259 -1272.
- Wong, D. 1993b. "Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena". *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, núm. 4, pp. 367-380.
- Zook, K. y F. Di Vesta. 1991. "Instructional Analogies and Conceptual Misrepresentations". *Journal of Educational Psychology*, vol. 83, núm. 2, pp. 246-252.

Artículo recibido el 25 de mayo de 2004

Artículo aprobado el 21 de septiembre de 2004