

Éxitos y Problemas de las Analogías en la Enseñanza de la Mecánica
Success and Problems with Analogies in Teaching Mechanics

Luis A. Godoy

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Puerto Rico,

Mayagüez, PR 00681-9041, Puerto Rico,

lgodoy@ce.uprm.edu

RESUMEN

En este trabajo se discute el uso de analogías en el contexto de educación en mecánica. Para ubicar el problema se revisa qué es una analogía, cuáles son los elementos que la componen y qué aspectos entran en esa construcción. Se establece una formalización que distingue entre analogías en sentido débil y fuerte, e isomorfismos. Las funciones de las analogías se explicitan y se las reúne en dos grupos, reconociéndose que la función de aprendizaje no requiere de un grado de formalización riguroso o de un mapeado detallado entre los dominios que se comparan en la analogía. Para analogías ya construidas y que se utilizan en clase, se distinguen entre analogías de base cotidiana, de base concreta y de base científica. Se presenta una experiencia realizada en un curso subgraduado universitario de mecánica sobre construcción de analogías por parte de los estudiantes. Finalmente se discuten las dificultades encontradas en esa experiencia y en las de otros autores, y plantear algunas condiciones que se requieren para un uso provechoso de analogías.

PALABRAS CLAVE

Analogías, aprendiendo con analogías, enseñanza superior, mecánica

ABSTRACT

The use of analogies is discussed within the context of education in mechanics. In this paper we review what an analogy is, which its component elements are and the aspects involved in the construction of an analogy. Formalism is established to distinguish between analogies in a strong and in weak sense, and isomorphism. The functions of analogies are discussed and are gathered in two groups; learning with analogies is not seen as a field that requires a great deal of formalism or a detailed mapping between the domains that are compared with the analogy. Available analogies employed in class may be based on an everyday knowledge, on concrete bases or on scientific bases. An experience is presented and was developed for an undergraduate university course on mechanics, in which the students had to construct analogies. Finally, the difficulties found in this experience and those identified by other authors are discussed in order to identify some conditions that are required to make a fruitful use of analogies.

KEYWORDS

Analogies, higher education, learning with analogies, mechanics

INTRODUCCIÓN

El “éxito” de las analogías

Una analogía es decir, que una cosa es como otra, y la establecemos con algún fin determinado. Si necesitamos recordar un número de teléfono que nos han dado cuando no tenemos un lápiz disponible, entonces, tratamos de buscar relaciones entre los números, a fin de asociar el número largo con otros que podamos recordar más tarde. Todos usamos reglas para establecer comparaciones y analogías entre cosas, a fin de recordarlas. En realidad, la capacidad de clasificar está basada en encontrar la similitud entre lo que se clasifica siguiendo algún criterio: por ejemplo, en un hipermercado se clasifican los productos por sectores que contienen productos análogos desde el punto de vista del consumidor, no basándose en su peso o su color. Continuamente establecemos relaciones de analogía para ordenar nuestras ideas. También para explicar hechos que tienen similitud con otros hechos que ya han sido previamente explicados: parece razonable tratar de explicar nuevos hechos sobre la base de analogías con los explicados en el pasado de manera exitosa. El detective Hércules Poirot trata de encontrar a un criminal basándose en su experiencia en casos anteriores, emplea las mismas estrategias una y otra vez, y formula hipótesis sobre motivos, relaciones entre sospechosos y otros aspectos. Cuando decimos que alguien tiene experiencia en algo, es porque ya ha solucionado un cierto tipo de problemas con anterioridad y es capaz de resolver otros nuevos por analogía. El sistema jurídico basado en la jurisprudencia utiliza la analogía entre casos como base para decidir sobre los derechos de las partes en un caso nuevo. Uno conceptualiza usando lo que ya sabe. Las revistas de divulgación usan analogías para explicar conceptos difíciles en

términos que sus lectores puedan entender.

Algunos piensan que las analogías son centrales en nuestro razonamiento, hay quienes sostienen que las analogías no sólo son básicas para explicar o resolver problemas, sino que están en el centro de nuestro sistema cognitivo y hacen posible que razonemos (Hofstadter 2001).

Hasta hace algunos años se pensaba que las analogías eran exclusividad de los seres humanos, pero recientemente se han desarrollado programas computacionales que son capaces de realizar algunas funciones que tradicionalmente sólo los humanos poseíamos, entre ellas, la de “razonar análogamente”. El corrector de ortografía que estamos usando en este trabajo nos sugiere alternativas a las palabras que no tiene en su base de datos basándose en analogías (construye las analogías usando variaciones de letras con respecto a la palabra que no contiene en su diccionario). Este es un caso simple, pero forma parte de la llamada inteligencia artificial, que en la actualidad es una disciplina en si misma, con un presente interesante y un futuro cuyos límites no es fácil imaginar. Quienes trabajan en inteligencia artificial también defienden el valor y el papel que juegan las analogías. En realidad, esa es la base que posibilita construir artificialmente nuevos conceptos, soluciones, hipótesis, teorías, basándose en relaciones analógicas. Algunos entusiastas de este campo afirman que la filosofía de la ciencia y el razonamiento científico pueden plantearse mediante algoritmos computacionales (Thagard, 1988).

Al parecer, las analogías son extremadamente exitosas como forma de razonamiento. Su valor es apreciado por educadores, científicos sociales y por la sociedad en general. El aumento de la interdisciplina como forma de trabajo en la ciencia hace que las analogías desempeñen un papel más importante. Como campo de estudio es claramente de tipo interdisciplinario, interesa a filósofos, epistemólogos, científicos de la computación, educadores, psicólogos, ingenieros, ...

Limitaciones de las analogías

En cierta medida, este trabajo es el producto parcial de una historia personal de búsqueda. Comenzó con una reacción en contra de la transposición descuidada e irresponsable de conceptos que se han dado de una teoría científica a otra (especialmente en los últimas décadas). Esa transposición mediante analogías, se hace en muchos casos para ganar credibilidad porque se está comparando una cosa con otra que todo mundo valora, cree o respeta.

Nuestra propia posición al respecto es considerar a las analogías como facilitadoras en un primer momento y como obstáculo en un momento posterior. Argumentamos que la analogía es un tipo de conceptualización que se genera con una función determinada, pero una vez que cumplió esa función posiblemente debe ser abandonada. Pensamos que las analogías son como paracaídas: pueden ser muy útiles mientras llegamos a destino, pero una vez en tierra debemos desprendernos del paracaídas o nos

dificultará avanzar en el nuevo territorio. Hemos desarrollado ese argumento en otro artículo (Godoy, 2001) y en este trabajo haremos hincapié principalmente en aspectos que tienen que ver con el uso de analogías en educación.

¿QUE ES UNA ANALOGÍA?

Ejemplo introductorio

Una analogía es decir que una cosa es como otra. Genéricamente diremos que “alfa es como beta”. Por ejemplo “El átomo es como el sistema solar”, o “La entropía es como canicas”. Las analogías son algo complejo y tienen varios elementos diferentes. Para ponerlos en evidencia exploremos la analogía entre el átomo y el sistema solar, que originalmente fue propuesta por Rutherford. Una tabla de correspondencia (a menudo usada en analogías) es de la forma:

| Alfa: El sistema solar | Beta: El átomo |
|-----------------------------------|---|
| Tiene un centro: el sol | Tiene un centro: el núcleo |
| Tiene planetas | Tiene electrones |
| Planetas giran alrededor del sol. | Electrones giran alrededor del núcleo. |
| Orbitas elípticas. | Orbitas circulares. |
| Planetas tienen satélites. | - - - |
| Sol caliente, amarillo, grande. | Núcleo con carga eléctrica neutra, pequeño. |

La primera línea identifica los nombres que damos a lo que queremos relacionar mediante la analogía. Las líneas 2 y 3 son objetos que entran en cada uno de los dos sistemas. Las líneas 4 y 5 corresponden a relaciones que se establecen en cada sistema. Las líneas 6 y 7 son objetos y atributos que quedan afuera de la relación analógica, porque no se corresponden entre sí. En la práctica, siempre son pocos los aspectos que entran en una analogía de dos sistemas y muchos los que quedan fuera porque no tienen posibilidades de enriquecer la analogía. A pesar de esto último, la analogía no se invalida sino que adquiere límites dentro de los cuales tiene sentido.

Elementos y aspectos que podemos identificar en las analogías

Para identificar los elementos y los aspectos que son relevantes, veremos a continuación que preguntas podemos hacer con respecto a una analogía:

- q ¿Qué comparamos? (Aspecto de comparación de objetos). Pone en evidencia los objetos que entran en la analogía. La respuesta es lo básico de una analogía: Alfa es como beta. En el caso de ciencias, que es nuestro interés en este trabajo, esa “cosa, beta” puede ser un concepto científico, pero también puede ser una metodología, una teoría, el tipo de respuesta de un sistema, ... La “otra cosa, alfa” puede o no ser del dominio de la ciencia.

- q ¿Por qué decimos que alfa es como beta? (Aspecto de justificación de la analogía con base en atributos y relaciones). La respuesta es en general porque algunos atributos o propiedades de alfa y de beta se parecen, o se pueden establecer similitudes. También puede haber relaciones en alfa y beta que sean similares. Aparecen aquí los conceptos de relaciones y de atributos.

- q ¿En qué contexto decimos que alfa es como beta? (Aspecto contextual). La comparación no será válida en todos los contextos, sino que se la piensa en un contexto específico. Las analogías son dependientes del contexto. Por ejemplo, se puede hablar de analogías en un contexto de aprendizaje, en un contexto de comunicación, en un contexto de descubrimiento científico y en un contexto de justificación científica. Hay más contextos posibles, pero esos son los más relacionados con la temática de educación y pensamiento crítico.

- q ¿Para qué comparamos alfa con beta? (Aspecto funcional). Es importante señalar que hasta ahora no hemos identificado ninguna función de las analogías. Pero las analogías se hacen con alguna finalidad, a manera de aprovechar la relación establecida con algún fin determinado. Algunas respuestas pueden ser: para explicar beta sobre la base de alfa, para poner a ambas en una misma categoría, para lograr credibilidad para beta, para resolver problemas, para decir que alfa y beta tendrán respuestas similares, y otras más. Más adelante distinguiremos entre funciones “blandas” y “duras” de las analogías.

q ¿Quién hace la analogía? (Aspecto subjetivo). El sujeto que construye la analogía es información importante para evaluar la intencionalidad. Estamos acostumbrados a que los humanos hacemos analogías, pero personas de épocas diferentes tenían ideas muy distintas sobre que es una analogía y como usarla, de manera que esa información será vital.

Formalización de las analogías

Para contribuir a la definición más clara de analogías proponemos distinguir entre analogías (a) informales, (b) en sentido débil, (c) en sentido fuerte, (d) fenomenológicas, y (e) completas. Para esa clasificación empleamos los criterios siguientes: (i) ¿Qué propiedades, relaciones internas o comportamientos se eligen para hacer la correspondencia? (ii) ¿Qué similitudes se establecen? Observamos que para precisar las analogías necesitaríamos tener medidas de la similitud entre cosas. Un ejemplo de medida de comparación es el índice de similitud (Trillas, 1998, pp. 181).

En las analogías informales se establecen correspondencias pero no similitudes; en sentido débil correlacionan algunas propiedades y se establecen similitudes; en sentido fuerte correlacionan y establecen similitud de propiedades y relaciones internas; fenomenológicas establecen correspondencia y similitud entre comportamientos; y en las completas hay similitud entre todas las propiedades y relaciones internas. Hemos preferido aquí no emplear los términos matemáticos de isomorfismo y homomorfismo para no usar una analogía en la propia definición de las analogías. Además, esos términos son propios de espacios vectoriales que tiene propiedades diferentes a las proposiciones que se establecen como analogías.

En las analogías formales, que se expresan entre sistemas que han sido modelados matemáticamente, las propiedades son las cantidades físicas que se usan en la teoría, mientras que las relaciones son las ecuaciones que gobiernan el problema. En una analogía en sentido fuerte las variables de alfa no precisan ser de la misma naturaleza que las variables correspondientes en beta. Por ejemplo, una variable en alfa puede ser un vector, mientras que su correspondiente en beta puede ser un escalar. Pero si todas las variables en alfa son de la misma naturaleza que las variables correspondientes en beta y las teorías son análogas, entonces las ecuaciones en alfa son las mismas ecuaciones que hay en beta y se trata de un isomorfismo. Muchos problemas de la física son de este tipo, como discute Tonti (1977).

FUNCIONES DE LAS ANALOGÍAS

Algunas de las funciones más importantes que desempeñan las analogías son las siguientes:

q Explicar. La analogía cumple aquí la función de asimilar lo nuevo en términos de cosas conocidas, y evita que las premisas explicatorias nuevas resulten demasiado extrañas. Las analogías también se han

identificado al nivel de hacer más aceptable la respuesta investigada en el sistema beta.

- q Popularizar. Esta puede considerarse como una función de explicar, pero en los últimos años ha adquirido una importancia muy grande.
- q Generalizar. Otra función de las analogías es relacionar cosas diferentes, que sirvan de base a un proceso de generalización. Si uno establece que varios problemas son análogos, podemos usar el proceso de inducción para extraer conclusiones a partir de esos casos análogos. Según Gentner (1989), las analogías y similitudes son factores primarios en la categorización y organización de estructuras conceptuales.
- q Modelar. En algunos casos, una analogía provee un modelo tentativo para un problema beta. Es una manera de solucionar un problema beta a la espera de que surja una mejor solución en el futuro, o una con mayor justificación. Ilumina al investigador acerca de qué metodologías han sido exitosas en problemas análogos.
- q Validar. Una función puede ser la de validar conceptos en un campo beta utilizando una transferencia desde el campo alfa mediante el uso de analogías. En general, aquí se transfieren los valores reconocidos de una teoría alfa hacia una teoría beta incipiente.
- q Predecir. Se usan analogías para realizar predicciones en el problema beta utilizando predicciones realizadas en el problema alfa. En las analogías entre campos de la física, si las ecuaciones que gobiernan ambos fenómenos son las mismas (por ejemplo, las ecuaciones de Laplace) entonces las soluciones son las mismas funciones (por ejemplo, funciones armónicas). Si las ecuaciones son sólo similares, se pueden transferir métodos matemáticos, técnicas numéricas o experimentos, de un campo a otro.
- q Estructurar. Esta función permite dar una estructura al problema beta basándose en la estructura del problema alfa. Del Re (2000) menciona la analogía entre moléculas en química y un sistema macroscópico formado por esferas y resortes. Ante la pregunta “¿Tiene estructura una molécula?”, la respuesta es que “una molécula tiene una estructura en el sentido que tiene propiedades análogas a la estructura de un modelo de resortes y esferas... Esta analogía es el origen y la justificación de la estructura y forma que caracterizan las propiedades moleculares... Las propiedades geométricas y mecánicas del modelo macroscópico se supone que se corresponden muy bien (aunque no completamente) con las propiedades de la molécula real” (Del Re, 2000).

No todas estas funciones son equivalentes ni igualmente fáciles de satisfacer. En las ciencias de la computación se distingue entre aquellas funciones que pueden ser llevadas a cabo desarrollando un algoritmo y aquellas para las que (en la actualidad) no se poseen algoritmos o bien se distingue de acuerdo a si son computables o no. Agruparemos aquí las funciones en dos grupos, a grandes rasgos:

- q Funciones “blandas”, en las cuales interesa el producto final de manera cualitativa, más que seguir un proceso riguroso en la construcción de la analogía. No se intenta computar mediante la analogía. En este grupo ubicamos las funciones de explicar, enseñar, popularizar, y descubrir. Es un uso principalmente metafórico de alfa y beta.
- q Funciones “duras” cuando la analogía está orientada a computar o requieren de un cierto rigor para que la operación que se realiza tenga sentido. Pueden ser de tipo cuantitativo. En este grupo ubicamos a predecir, generalizar, modelar, validar y estructurar. Es un uso principalmente algorítmico de alfa y beta.

La división entre ambos tipos de funciones no es tan tajante, ni tan fácil de establecer y puede generar cierta controversia. Pero es claro que una analogía destinada a predecir el comportamiento de un sistema sobre la base del comportamiento de un segundo sistema debe tener cierto rigor y será necesario asegurarnos que las correspondencias entre elementos se lleven a cabo de manera muy detallada, con el fin de no cometer errores groseros en las predicciones. Por el contrario, si la función de una analogía es popularizar un concepto, entonces no interesa tanto que las correspondencias sean completas, sino que se expongan de manera clara algunos aspectos de un sistema con referencia a aspectos del otro sistema.

APRENDIENDO CON ANALOGÍAS YA CONSTRUIDAS

Las funciones de las analogías en enseñanza/aprendizaje son generalmente de tipo explicativo: se formulan porque ayudan a los estudiantes a comprender mejor un fenómeno o problema.

Las dos estrategias más importantes para llevar las analogías al aula parecen ser:

- q Usar analogías ya construidas, o enlatadas, para enseñar un concepto nuevo.
- q Hacer que los estudiantes construyan su propia analogía.

Muy frecuentemente, el profesor opta por la primera estrategia, o sea provee la identificación y las correspondencias, que son la parte más creativa del proceso, y el estudiante hace el resto, que es la parte

operacional. En realidad, la analogía proviene de algún libro o de un manual, y ni siquiera es el profesor quien la construye. En esta sección discutiremos esta estrategia. Es menos frecuente la segunda alternativa, consideraremos un caso de esa implementación en la sección siguiente.

Actividades para la presentación de analogías en un contexto de aprendizaje

Hacer una analogía es un acto creativo que requiere de una habilidad. No cualquier analogía es adecuada, por eso algunas han tenido gran éxito mientras que otras se desechan rápidamente. Los maestros publican sus experiencias para beneficio de otros maestros, incluyendo modelos como TWA (Teaching with Analogies) (Glynn, Duit y Thiele, 1995); hay talleres sobre como enseñar con analogías, hay laboratorios de analogías, websites, un mundo se mueve alrededor de esto. Se usan para aprender nuevos conceptos, para lograr un cambio conceptual en el estudiante, para romper con concepciones previas que están equivocadas.

Las actividades que lleva a cabo un maestro cuando trabaja con analogías han sido sintetizadas como (Glynn 1996, Glynn y Takahashi 1998): (a) introducir el concepto beta; (b) revisar el concepto análogo alfa; (c) identificar los aspectos que se utilizan como base de la analogía; (d) establecer las correspondencias entre los elementos que son análogos; (e) indicar donde dejan de valer las analogías; (f) establecer conclusiones. Consideramos que este listado es importante especialmente porque incluye el reconocimiento explícito de las limitaciones de las analogías.

Bases de apoyo de las analogías en un contexto educativo

El aprendizaje de conceptos en ciencias puede ser referido a diferentes bases alfa, algunas más abstractas y otras más concretas. Para ejemplificar cada caso hemos tomado analogías que pueden consultarse en Internet. Omitimos aquí la justificación basándose en atributos y relaciones que se encuentra en las referencias en Internet.

Analogías de base cotidiana. Cuando se compara un concepto con una situación real cotidiana, que los estudiantes encuentran con frecuencia. Muchas de estas analogías se hacen con los elementos que ellos tienen a mano. No se espera que perduren en el tiempo. Se usan en un nivel de educación elemental.

Ejemplos:

- q Equilibrio es como substituir jugadores en un juego deportivo.

(<http://www.sciencepage.org/anleq.htm>)

q El núcleo de una célula es como el funcionamiento de una biblioteca.

(<http://www.yorktech.com/science/analogies/Nucleus.htm>)

q Los estados de la materia son como el movimiento de estudiantes en la escuela.

(<http://sciencepage.org/anlmatt.htm>)

Analogías de base concreta. Se refieren a los objetos concretos como dominio de base alfa. En general son analogías más estables que las cotidianas mencionadas anteriormente. Ejemplos:

q La molécula de ADN es como una escalera.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/models/DNA/dna.html>)

q El corazón es como una bomba mecánica.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/models/heart/heart.html>)

q El riñón es como un filtro de residuos.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/models/kidney/kidney.html>)

q El ojo es como una cámara fotográfica.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/models/eye/eye.html>)

Analogías de base científica. Se usan las analogías que se han empleado en la ciencia en el desarrollo del propio concepto o de uno relacionado. Estas analogías a veces han perdurado por siglos. Se usan en un nivel de escuela superior o universidad. Ejemplos:

q La fuerza eléctrica es como la fuerza gravitatoria.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/twa.html>)

q Un circuito eléctrico es como un circuito hidráulico.

(<http://www.coe.uga.edu/edpsych/faculty/glynn/twa.html>)

Analogías con múltiples dominios de base. Cuando se apoyan en más de una base, y se espera complementar las ideas que provienen de cada una de esas bases. Por ejemplo

q Un circuito eléctrico es como un circuito hidráulico, y también es como un refrigerador, y también es como un tren.

CONSTRUYENDO ANALOGÍAS EN UN CONTEXTO DE APRENDIZAJE

Esta forma de aprendizaje requiere de mayor creatividad por parte del estudiante y de un esfuerzo mayor por parte del profesor para apoyar al estudiante y darle elementos. En esta sección describiremos una experiencia concreta realizada por el autor en un curso subgraduado de mecánica.

Durante un curso regular de mecánica llevamos a cabo una experiencia con la construcción de analogías. En la manera tradicional que se enseña este curso no se relacionan los ejercicios que se plantean con problemas semejantes a los que enfrenta en la práctica un ingeniero. En este caso primero los estudiantes llevaron a cabo un proyecto durante dos semanas en el cual se les entregaba la fotografía de una construcción y algunas dimensiones, ellos debían realizar el análisis utilizando las metodologías presentadas en el curso. Esta tarea fue muy exitosa porque los estudiantes se enfrentaban por primera vez con situaciones semejantes a las de la profesión, después de muchas dudas y consultas, llegaron a resultados muy satisfactorios.

A continuación se dedicaron 20 minutos de una clase para enseñarles qué es una analogía, se les dieron ejemplos exclusivamente de analogías con base científica. Se les asignó (en grupos de cuatro estudiantes, con una semana de tiempo y con bono de calificación para que les sirviera de estímulo) formular analogías que estuvieran relacionadas con el proyecto que habían resuelto, con el fin de cimentar las ideas y que discutieran lo realizado. La consigna de la asignación se distribuyó a todos los grupos en forma escrita. Las analogías realizadas por los estudiantes se presentaron en forma escrita. Fueron puestas a consideración de la clase en forma anónima y los estudiantes votaron por la que pensaban que era la mejor analogía. Las analogías mismas se listan en el Apéndice.

Sobre un total de 17 analogías formuladas, el 59% se refería a una base cotidiana (situaciones de la vida cotidiana), mientras que el 41% restante tenían una base concreta, pero en ningún caso se formularon analogías con base científica. En el 59% de las analogías el dominio beta era de tipo genérico o sea que los estudiantes no hicieron referencia directa a los proyectos que habían realizado, mientras que en el 41% de los casos se hacía mención (por lo menos superficial) al proyecto que habían desarrollado. Ninguna analogía tenía identificación de propiedades en alfa y en beta (sólo consideraron un aspecto en la relación) ni tampoco límites dentro de los cuales era válida la analogía. En ningún caso los estudiantes llegaron a formular una analogía en sentido débil sino que se trabajó con analogías informales.

DISCUSIÓN

Muchos investigadores de la enseñanza de la ciencia defienden el uso de analogías como una manera de romper con los preconceptos de un estudiante (ver por ejemplo Clement 1993, Brown y Clement 1989). Gentner (1989) afirma que de todos los procesos de aprendizaje, incluyendo generalizaciones, diferenciaciones, aumentos y compilación, las analogías son la única vía rápida que permite que alguien aprenda algo en un tiempo corto. El tipo de aprendizaje por analogía permitiría que el sujeto utilice su estructura de conocimientos previos para extenderla a problemas nuevos.

Pero en otros trabajos también se señalan las dificultades que aparecen con el uso de analogías. Gentner y Gentner (1983) utilizaron analogías para estudiar circuitos eléctricos y mostraron que no toda analogía funciona, sino que es necesario encontrar “la analogía correcta”. Para el mismo problema, Black (1987) encontró que no hay evidencia de que el uso de analogías juegue un papel significativo en el aprendizaje de circuitos eléctricos.

En nuestra nomenclatura, un circuito eléctrico (beta) es explicado por analogía con el flujo de agua (alfa). Hay aquí involucrada la suposición de que el estudiante conoce muy bien acerca de fluidos y de allí salte a circuitos eléctricos, que es la meta de aprendizaje en este caso. Sencillamente esa suposición falla en muchos casos porque los conocimientos que tiene el estudiante sobre circuitos hidráulicos tampoco son muy profundos ni los recuerda tan bien. Posiblemente se le debe enseñar al estudiante mucho mejor sobre fluidos en primer lugar (Closset, 1993) o bien deben usarse otros dominios alfa para construir las analogías (Johsua y Dupin, 1993). Una alternativa sería la de enseñar simultáneamente fluidos y circuitos de manera enlazada, de tal forma que podamos usar uno u otro campo como alfa para apoyar el aprendizaje.

En el caso presentado, el primer problema observado es la dificultad que tienen los estudiantes de lograr una definición clara sobre qué quieren explicar. En segundo lugar, ningún grupo de estudiantes importó conceptos de otro campo de conocimientos para utilizarlos como dominio de base alfa. Ni siquiera se llegó a la situación de dificultad en el dominio alfa porque solamente se usaron situaciones cotidianas y objetos concretos como dominio alfa.

Los resultados obtenidos en esta experiencia son consistentes con los estudios de Dunbar, quien mostró que en muchos experimentos psicológicos de laboratorio las personas tienden a realizar analogías con aspectos superficiales:

“Los resultados de los últimos 20 años de investigación en razonamiento analógico han encontrado que, a menos que se de a las personas un extenso entrenamiento, ejemplos o ayudas, será mucho más probable que elijan aspectos superficiales antes que aspectos profundos cuando

usan analogías” (Dunbar 2001, pp. 313).

Finalmente, Dunbar sostiene que las analogías con aspectos profundos no son exclusividad de expertos, sino que también están al alcance de los novatos:

“Todos los seres humanos poseen por lo menos un conocimiento mínimo de miríadas de temas y son capaces de hacer analogías basadas en aspectos estructurales y relaciones de orden superior” (Dunbar 2001, pp. 330).

CONCLUSIONES

Al parecer, una analogía no es algo que podamos utilizar tan libremente en el contexto de aprendizaje y tener confianza que se va a lograr algún grado significativo de aprovechamiento. Por el contrario, la construcción de analogías requiere de un compromiso mucho mayor de parte del docente, trabajando con esta técnica no de manera puntual sino como parte de un proceso que quizás puede durar todo un semestre. También requiere de un fuerte compromiso por parte de los estudiantes, que deben trabajar y relacionar el temario con conceptos vistos en otros cursos. Finalmente, en un contexto de aprendizaje, los estudiantes deben tener en claro que se ha establecido una analogía, no una identidad. No deben integrarla y quedarse con el entusiasmo de la similitud, sin realizar una acción reflexiva sobre el significado de la analogía y cuáles son las limitaciones que presenta.

BIBLIOGRAFIA

- Black, D. (1987) Can pupils use taught analogies for electrical current? *School Science Review*, 69, 249-254.
- Brown, D. E. y Clement, J. (1989) Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction, *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Clement, J. (1993) Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Closset, J. L. (1993) Reasoning about electricity and water circuits: Teaching consequences in electricity. En: *Learning Electricity and Electronics with Advanced Educational Technology*, M. Caillot (Ed.), Springer Verlag, Berlin.
- Del Re, G. (2000) Models and analogies in science, *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5-15.
- Dunbar, K. (2001). The analogical paradox: Why analogy is so easy in naturalistic settings, yet so difficult in the psychological laboratory, en: D. Gentner *et al.* (Eds.), *The Analogical Mind: Perspectives from cognitive sciences*, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 313-334.
- Gentner, D. (1989) The mechanics of analogical learning, Capítulo 7 en S. Vosniadou y A. Ortony (Eds.) *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra, pp. 199-241.

- Gentner, D. y Gentner, D. R. (1987) Flowing waters or teeming crowds: mental studies of electricity, en D. Gnetner y A. L. Stevens (Eds.) *Mental Models*, Earlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 99-129.
- Glynn, S. M. (1996) Teaching with analogies: Building on the science textbook, *The Reading Teacher*, 49, 490-492.
- Glynn, S. M. y Takahashi, T. (1998) Learning from analogy enhanced science text, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1129-1149.
- Glynn, S. M., Duit, R. y Thiele, R. B. (1995) Teaching science with analogies: A strategy for constructing knowledge, en: *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (Ed. Glynn y S. M., Duit, R.), Erlbaum, NJ, 247-273.
- Godoy, L. A. (2001) Analogías en ciencias: ¿Facilitadoras u obstaculizadoras en la construcción de conocimientos? *II Congreso Internacional de Educación y Pensamiento Critico*, Mayagüez, Puerto Rico.
- Hofstadter, D. R. (2001) Analogy as the core of cognition, en: D. Genter *et al.* (Eds.), *The Analogical Mind: Perspectives from cognitive sciences*, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 499-538.
- Johsua S. y Dupin, J. J. (1993) Using model analogies to teach basic electricity: A critical analysis. En: *Learning Electricity and Electronics with Advanced Educational Technology*, M. Caillot (Ed.), Springer Verlag, Berlin.
- Thagard, P. (1988) *Computational Philosophy of Science*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Tonti, G. (1977) The reasons for the analogies in physics, In: Branin, F. H. & Huseyin, K. (Ed.) *Problem Analysis in Science and Engineering*, Academic Press, New York.
- Trillas, E. (1998) *La Inteligencia Artificial*, Editorial Debate, Madrid.

APENDICE: Analogías creadas por estudiantes en un curso de mecánica

La consigna de este trabajo fue desarrollar una analogía con algún aspecto de los proyectos realizados por los estudiantes de un curso de mecánica. La analogía debía establecer una relación que permitiera comprender mejor lo que se quería explicar, y debía ser relevante al material estudiado. El listado de analogías presentadas se reproduce sin editar, y es el siguiente:

1. La fuerza distribuida sobre las vigas del techado es como la fuerza distribuida que causa la mano apoyada sobre dos lápices.
2. El balcón es como un pupitre de un salón de clases. Las cargas vivas que hay en el salón son como los libros, libretas o brazos que están recostados sobre el pupitre. Ambos están libres en un lado y fijo en el otro (voladizo).
3. El momento es como un sube y baja. En el sube y baja se aplica una fuerza en los extremos para que haya un movimiento con el otro extremo. La fuerza o peso de la persona hace rotar con el principio de la palanca. El momento tiene gran influencia en la deflexión de la viga. Dependiendo de su aplicación los elementos pueden subir o bajar (deformarse).

4. Los soportes son como las piernas, ya que estos soportan la carga de la estructura, como las piernas soportan el peso del cuerpo.
5. Las juntas de las vigas son como un espejo paralelo a ellas cuando se separan: la reacción de un lado es idéntica pero en la dirección contraria.
6. Las vigas son como las piernas, ya que las piernas aguantan todo el peso del cuerpo, como las vigas aguantan las fuerzas ya sean distribuidas o concentradas en la estructura.
7. Las vigas y las columnas de una estructura son como el esqueleto de un ser humano. Las vigas y las columnas soportan el peso de la estructura y dan rigidez a la estructura tal como el esqueleto soporta el peso del cuerpo y lo mantiene erguido.
8. La carga de nieve que actúa en el problema de diseño 4-2P es como los "taxes": No aplican en Puerto Rico.
9. El diseño estructural es como prepararse para un huracán, ya que aunque no venga hay que estar preparados. En el diseño, se toman en cuenta las cargas vivas, aunque éstas no están actuando sobre la estructura continuamente.
10. En este ejercicio la distribución de fuerzas en una viga son como una herencia (por simetría). Las fuerzas están distribuidas en partes iguales en las vigas, mientras que cuando se concede una herencia, a cada miembro le tocan partes iguales.
11. Una carga trapezoidal es como un país bipartidista en época de elecciones: se divide en el partido del triángulo y el partido del rectángulo. Explicación: Las cargas vivas trapezoidales se resuelven en dos cargas concentradas aplicadas a un triángulo y a un rectángulo. De esta manera se compara con un país que tiene dos partidos políticos, y que en época de elecciones se divide en estos dos partidos. No importa el símbolo o la insignia de los partidos, por eso se tomaron en este caso las figuras geométricas del triángulo y el rectángulo. Lo importante aquí es que en cuestión de análisis de estructuras la carga trapezoidal se divide en dos al igual que el país.
12. El peso que ejerce la nieve sobre el techo es como la presión que tiene un estudiante cuando se tienen muchos exámenes en una misma semana. El peso de la nieve va aumentando a medida que se acerca al final de la pared, parecido a lo que sucede a los estudiantes cuando se acerca la fecha de los exámenes ya que es más la presión.
13. Los soportes de la estructura son como... la vida; si fallan mueren.
14. La inestabilidad de una estructura es como la inestabilidad mental del ser humano. Dependiendo de las situaciones a la que sea sometida la persona será su reacción, pero no se puede precisar con exactitud cuál será la reacción. En las estructuras sucede igual, no se puede precisar como va a comportarse, depende del sistema de cargas al que sea sometido.
15. El aplicarle una carga constante a una viga es como el vicio del alcohol. Mientras más alcohol tomas, más te deterioras, y mientras más carga se le aplica a la viga, más se deforma. A la viga se le aplicó fuerzas sin control y llegó

al punto que no aguantó más y se rompió. El hombre bebió alcohol descontroladamente y luego terminó el vicio en una muerte.

16.Una viga es como un guardián silencioso que nos protege en todo momento de los daños que nos pueden causar en nuestro propio refugio. Las cargas son su razón de ser, y los soportes su fortaleza, sus armas.

17.La distribución de fuerzas ejercidasAPENDICE: Analogías creadas por estudiantes en un curso de mecánica sobre la viga en el balcón del motel es como la repartición del pan en la santa cena: en partes iguales.

