

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE MODELO CIENTÍFICO A TRAVÉS DE ANALOGÍAS

Andrés Raviolo, Paula Ramírez y Eduardo A. López

Universidad Nacional del Comahue. Bariloche. Río Negro. 8400. Argentina. E-mail:
araviolo@bariloche.com.ar

[Recibido en Abril de 2010, aceptado en Julio de 2010]

RESUMEN

En la actualidad se reconoce la importancia de enseñar no sólo el contenido de la ciencia sino también su naturaleza. Los modelos cumplen un rol fundamental en la construcción y el avance del conocimiento científico y también en la enseñanza de las ciencias. El objetivo general de este trabajo es aportar a la problemática de cómo enseñar el concepto de modelo científico. Se presenta un diseño de investigación llevado adelante con alumnos futuros maestros, que incluye el empleo de dos analogías (la caja negra y los mapas). Ambas analogías han sido enriquecidas con respecto a lo que se encuentra en la bibliografía. En este trabajo se muestran los aprendizajes de los alumnos, en términos cuantitativos como cualitativos. También se muestran las dificultades que les surgieron a los estudiantes en la utilización integrada de ambas analogías y en la construcción del concepto de modelo científico.

Palabras Clave: naturaleza de la ciencia; concepto de modelo; enseñanza y aprendizaje con analogías.

INTRODUCCIÓN

Aprender sobre la naturaleza de la ciencia es un objetivo primordial en el currículo de ciencias. La ciencia implica productos y procesos específicos. Los modelos científicos constituyen uno de los principales productos de la ciencia. El modelado y puesta a prueba de modelos implican procesos fundamentales de la ciencia. Tal es así, que Gilbert (1991) concibe a la ciencia como un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos, y afirma que el valor de esta definición de ciencia depende de la conceptualización que se tenga de modelo.

Un modelo científico es una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico (Bunge, 1985). Es una entidad abstracta, una representación simplificada de un hecho, objeto, fenómeno, proceso, realizada con la finalidad de describir, explicar y predecir. Se trata de una construcción humana utilizada para conocer, investigar y comunicar. Los modelos concentran su atención en aspectos específicos del sistema y están asociados a imágenes o representaciones. Constituyen una herramienta de investigación que se emplea, esencialmente, para obtener información acerca del objeto de estudio el cual no puede ser observado o medido directamente (ej: átomo, molécula, estrella, agujero negro).

Comprender los modelos científicos resulta generalmente una tarea ardua por su carácter abstracto, y también lo es comprender la naturaleza de los modelos. La investigación ha mostrado que es difícil para los estudiantes comprender el concepto de modelo científico (Grosslight *et al*, 1991; Gilbert, 1997). No existen muchas actividades que pueden ayudar a llevar adelante este último objetivo. La utilización de analogías es una de ellas.

Como resultado de una investigación bibliográfica realizada se han encontrado propuestas con dos analogías para construir el concepto de modelo y vivenciar el proceso de modelado: la analogía de la caja negra y la analogía de los mapas. En este trabajo se muestran los resultados de la utilización integrada de ambas analogías con alumnos futuros docentes.

Las analogías comprenden: (a) una determinada cuestión desconocida (objetivo), (b) una cuestión conocida (análogo) que resulta familiar para el sujeto que intenta aprender y (c) un conjunto de relaciones que se establecen entre análogo y objetivo (Oliva *et al*, 2001). En este trabajo, los análogos se presentan con actividades diseñadas con la intención de que los alumnos se familiaricen y vivencien experiencias con la caja negra y los mapas. Las correspondencias entre análogos y objetivo se orientaron a 12 aspectos de los modelos (columna A de la Tabla del [Anexo](#)), que incluyen definición, funciones y características de los modelos; aspectos que se basaron fundamentalmente en el trabajo de Van Driel y Verloop (1999). Además, entre análogo (caja negra o mapa) y objetivo (modelo científico) existen atributos no compartidos que constituyen las limitaciones de la analogía.

Las preguntas que intenta responder esta investigación son: ¿Cómo se enseña sobre modelos utilizando analogías? ¿Cómo aprenden los alumnos sobre los modelos con las dos analogías? ¿Son efectivas y en qué grado? ¿En qué medida los estudiantes enriquecen las respuestas? ¿Qué dificultades perduran?

En este trabajo se presenta el diseño llevado adelante, los resultados cuantitativos obtenidos y las respuestas que muestran una apropiación del contenido por parte de los estudiantes. También se muestran y discuten las dificultades encontradas.

MODELO Y ANALOGÍA

Black (1962) clasifica a los modelos en: a escala, análogos, matemáticos, teóricos y arquetipo; a su vez, Gilbert (1991) en: bases de datos, representaciones, analogías, simulaciones, procedimentales y conceptuales/teóricos. A estas clasificaciones se suman las de Harrison y Treagust (2000) en modelos analógicos, la de Gilbert y Boulter (2000) de acuerdo al estatus ontológico de los modelos y la reciente tipología de Chamizo (2010) en mentales, materiales y matemáticos.

Si se toman estas clasificaciones en su conjunto se aprecia que toda representación podría ser considerada un modelo, por eso algunos autores hablan de modelos científicos en un sentido estricto, como los que cumplen ciertas condiciones (Van Driel y Verloop, 1999). Por ejemplo, un modelo a escala no es considerado un modelo científico en un sentido restringido, porque se puede acceder al objeto que representa en forma directa. Tampoco un modelo puede interaccionar directamente con el objeto, así una fotografía o un espectro de líneas de emisión no son considerados modelos.

Por otro lado, los modelos a escala refuerzan la concepción alternativa, frecuente en alumnos, de que un modelo es copia de la realidad, que un modelo es mejor cuanto más se asemeja a lo real. Esta es la postura adoptada en el presente artículo.

Con representación se entiende una abstracción no lingüística del mundo, con su propia lógica interna, sus relaciones de semejanza con los fenómenos y sus propios medios expresivos (lenguajes simbólicos especializados) (Adúriz-Bravo y Morales, 2002). Para estos autores, los modelos didácticos (o mejor los "modelos enseñados" en la terminología de Gilbert y Boulter) son representaciones de otro orden obtenidas por transposición a partir de los modelos científicos.

En ambientes educativos, los términos analogía y modelo suelen emplearse como sinónimos. Contribuye a ello el hecho de que en toda analogía hay un modelo, considerado como la abstracción de las correspondencias entre ambos dominios o concepto superordinario (Duit, 1991). A su vez, los modelos guardan cierta analogía (semejanzas, relaciones) con el sistema que representan, de manera que se puedan derivar hipótesis (y/o predicciones) del mismo y someterlas a prueba (Harrison y Treagust, 2000).

A diferencia de las analogías, los modelos pueden no mantener la similitud estructural entre los dominios. Un modelo es una construcción o entidad abstracta, no es una copia de la realidad; por el contrario, puede resultar más útil cuanto más difiere de ella. Por ejemplo, los modelos de "gas ideal" u "orbital atómico". Un modelo es una construcción hipotética, una herramienta de investigación útil para obtener información acerca de un objeto de estudio que no puede ser observado o medido directamente, no se basa, como una analogía, en un dominio conocido (Raviolo, 2009).

EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE MODELO

La mayoría de los estudiantes no tiene claro qué son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones. Varias investigaciones se realizaron sobre las concepciones que sostienen los alumnos acerca de la naturaleza de los modelos, entre ellas, Gilbert (1991), Grosslight *et al* (1991), Manassero y Vázquez (1999), Cartier (2000). Estos estudios indicaron que los estudiantes:

- Conciben a los modelos como: (a) copias de la realidad, (b) algo real pero a otra escala, (c) un ejemplo o caso ejemplar, (d) algo exacto que no contiene "errores", (e) un cúmulo de hechos a ser memorizados, (f) una entidad visual (dibujo, diagrama).
- Afirman que un modelo es mejor cuanto más se asemeja a lo que representa.
- Desconocen que distintos modelos pueden referirse a un mismo fenómeno, enfatizando en diferentes aspectos del mismo.
- Sostienen que el desarrollo de modelos es un proceso lineal y racional.
- Tienen dificultades en identificar los modelos que les fueron enseñados.

Generalmente predominan concepciones epistemológicas realistas sobre las instrumentalistas que admiten el carácter instrumental, cambiante e hipotético de los modelos (Manassero y Vázquez, 1999).

Estas concepciones varían con el nivel de escolaridad, incluso muchas son sostenidas por profesores en actividad (Van Driel y Verloop, 1999; Islas y Pesa, 2003); por ejemplo, es frecuente que los profesores presenten los modelos como hechos estáticos y den poca importancia a su función predictiva.

Respecto a la enseñanza del concepto de modelo se distinguen actividades explícitas e implícitas.

Las estrategias implícitas se refieren a la enseñanza indirecta del concepto de modelo a través del aprendizaje de conceptos específicos. Por ejemplo, los estudiantes pueden aprender sobre la provisionalidad de los modelos mientras aprenden sobre los modelos atómicos.

Sin embargo la estrategia implícita puede resultar más que insuficiente si se tiene en cuenta que ni alumnos ni profesores advierten que en sus clases están usando modelos. Por ejemplo profesores de física sólo recordaban haber empleado modelos, a lo largo de su carrera de formación, en física de partículas y astronomía, y mencionaban como ejemplos de modelos a los contenidos que portaban el vocablo "modelo" o el calificativo "ideal": modelo del gas ideal, el péndulo ideal, el fluido ideal (Islas y Pesa, 2003). Además estos profesores manifestaron que usan modelos frecuentemente en sus clases, pero reconocen que no lo explicitan a sus alumnos

En cambio las estrategias explícitas se refieren a una enseñanza planificada y reflexiva de contenidos relacionados con la naturaleza de las ciencias, por ejemplo partiendo de la lectura de textos sobre epistemología o sobre casos de historia de las ciencias. Otras actividades son:

- Análisis de ejemplos con el fin de identificar las características comunes de los modelos y análisis de modelos que figuran en los libros de texto con la intención de reconocer las funciones de los modelos.
- Construcción o reformulación de modelos. Elegir un modelo útil para describir y explicar un fenómeno es una tarea frecuente en el trabajo científico pero no en la enseñanza. La modelización desarrolla un conocimiento flexible y crítico que puede ser aplicado en diferentes problemas y colabora en una visión amplia de cómo la ciencia es construida y usada (Ferreira y Justi, 2003). Aunque estas autoras reconocen que para que los estudiantes puedan participar en actividades de construcción de modelos es necesario que posean cierto conocimiento sobre qué son los modelos, para qué sirven y qué limitaciones tienen. Etkina *et al* (2005) aconsejan que en las actividades de modelización se ayude a los estudiantes a reflexionar sobre los propósitos y productos del proceso de modelado.
- Poner en juego las funciones de los modelos - describir, explicar y predecir- primero con modelos ya establecidos y luego diseñados por ellos mismos.
- Usar analogías. A esta actividad, objetivo de este trabajo, nos referimos más adelante.

Otra cuestión a dilucidar es si los estudiantes aprenden mejor sobre la naturaleza de los modelos cuando se integran estos contenidos epistemológicos a los temas que se enseñan en los cursos de ciencias o si se presentan con actividades ad hoc. En este

sentido, la investigación didáctica no ha comprobado que los estudiantes aprendan mejor sobre la naturaleza de las ciencias si se integran o no en los contenidos del curso (Acevedo, 2008).

Seguramente el empleo de estrategias explícitas complementarias (integradas y no integradas a los contenidos del curso) resulte lo más eficiente. Por ejemplo, Saari (2000) lleva adelante una propuesta de enseñanza del concepto de modelo a través de la presentación de la unidad estructura de la materia, en un curso de física con alumnos de trece años. Donde no se explícita a los estudiantes una definición de modelo. Esta propuesta incluye la analogía de la caja negra, simulaciones (role playing) sobre los estados de la materia, modelos en la computadora y la aplicación de los modelos en situaciones problema. Los resultados obtenidos en entrevistas finales mostraron una evolución positiva en la construcción del concepto de modelo como producto de su desarrollo y uso en esa temática. El autor concluye afirmando que la enseñanza llevada a cabo con modelos y modelado afecta el concepto de modelo de los alumnos.

Todo indicaría que una combinación de estrategias ayudaría a lograr el objetivo de mejorar el aprendizaje de concepto de modelo científico, apuntando a la complementariedad de actividades integradas de la naturaleza de las ciencias con el contenido científico. Las actividades metacientíficas, aquellas que implican reflexionar sobre la naturaleza de los modelos, resultan necesarias para la comprensión del conocimiento científico por parte de los alumnos.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Contexto

La experiencia se llevó a cabo con 45 alumnos de primer año del Instituto de Formación Docente Continua de San Carlos de Bariloche, durante el cursado del Área de Ciencias Naturales. Es un grupo heterogéneo en edades con un promedio de 26 años. Se trata de alumnos futuros maestros de primaria que abordan contenidos tanto de las ciencias experimentales como de su didáctica. Otras características de estos estudiantes pueden profundizarse en (Raviolo *et al*, 2000).

Procedimiento: trabajo en el aula con las analogías

Cuatro etapas:

- Inicial: analogía de la caja negra.
- Desarrollo: clases por orientación.
- Final: analogía de los mapas.
- Actividad integradora de evaluación.

Recolección de información

•Cuestionarios escritos: (1) actividad integradora de evaluación, (2) autoevaluación grupal sobre tareas realizadas.

•Observaciones de clases, con registro escrito y grabación en audio.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la actividad integradora de evaluación.

Analogía de la caja negra

La analogía de la caja negra es una comparación ya clásica; fue propuesta, por ejemplo, por Haber-Schaim *et al* (1979) y permite introducir el concepto de modelo, vivenciar el proceso de modelado y relacionar los conceptos de hipótesis, experimento y modelo.

Con los objetivos mencionados en el párrafo anterior, se han empleado una gran variedad de cajas negras. Por ejemplo, en el proyecto MUSE (2002) una de las cajas negras utilizadas cuenta con un embudo en su parte superior y una salida en la parte inferior, ante el agregado sucesivo de iguales volúmenes de agua se obtienen distintos volúmenes de salida, éstos se repiten cíclicamente siguiendo un patrón. En otra investigación (Cartier, 2000) presentaron una caja negra hipotética que cuenta con un orificio en la parte superior y tres orificios de salida en su parte inferior; los estudiantes debían explicar por qué ante el agregado de una canica negra sale una blanca (y viceversa) y por qué las canicas emergen sucesivamente por cada uno de los tres orificios.

En nuestra experiencia se entregaron a los alumnos cajas negras, una para cada grupo de trabajo. Las cajas son todas iguales, para luego facilitar la discusión entre los grupos. Son cajas de zapatos forradas con papel que no sólo cuentan con objetos sueltos (que ruedan y deslizan) sino también con un objeto metálico fijo y otro que se sostiene desde un resorte como un péndulo; lo que permite hablar de componentes y de estructura interna.

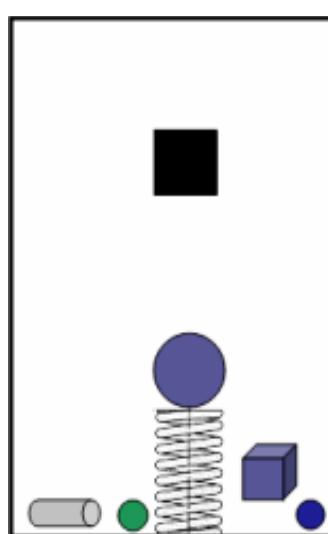


Figura 1.- Esquema de los componentes de las cajas negras utilizadas

La consigna fue investigar qué objetos hay en la caja y en qué situación se encuentran, sin abrir ni romper la caja. Algunas preguntas que incentivarón a los alumnos en esta etapa inicial fueron:

- ¿Todos los objetos se mueven libremente?
- ¿Cómo podemos saber si hay objetos metálicos en la caja? (se entregan imanes)
- ¿Cómo podemos saber si hay imanes en la caja?
- ¿Cómo podemos saber si las cajas son iguales? (por ej. pesándolas)
- ¿Cómo distinguir entre esferas y cilindros?
- ¿Es transparente o translucido a la luz?
- ¿Es consistente decir que los objetos dentro de la caja son rojos?
- ¿Cómo influiría contar con una radiografía de la caja?

En cada grupo, los alumnos deben formular hipótesis, indicar procedimientos para ponerlas a prueba y experimentar. También, registrar resultados, emitir explicaciones y, fundamentalmente, realizar representaciones del contenido - estructura de la caja negra (representación del modelo). Una vez creado el modelo deben ponerlo a prueba con nuevos experimentos. Luego de la puesta en común, en que cada grupo presenta su representación y cómo arribó a ella, se da un espacio para ampliar experimentos a la luz de los realizados por otros. Finalmente, se llega a la construcción de una representación consensuada.

En una etapa posterior, y guiados por una serie de preguntas, deben discutir y formular las correspondencias de esta analogía con el proceso de investigación científica y creación de modelos (construcciones descriptivas, explicativas y predictivas). Y, por último, la discusión de las limitaciones de esta analogía. En esta etapa, las preguntas estuvieron orientadas hacia cada una de las 12 características de los modelos rescatadas en este trabajo:

- 1 ¿Cuál es el objeto de estudio? ¿Cuál es la composición y estructura de la unidad llamada caja negra?
- 2 ¿Por qué no se puede ver lo que hay dentro de la caja?
- 3 ¿Una foto de la caja negra es un modelo? ¿Es una representación de su contenido, estructura y funcionamiento?
- 4 ¿En qué nos basamos para hacer la representación de la caja negra?
- 5 ¿Puede la representación realizada sobre la caja negra ser igual o copia de lo que representa?
- 6 ¿La representación realizada puede abarcar todos los detalles? ¿Todos los aspectos son relevantes a los objetivos de la investigación?
- 7 ¿Influye nuestra experiencia previa para decir qué tipo de materiales están adentro de la caja? ¿La representación realizada del contenido de la caja negra puede influir en la interpretación de experimentos que hagamos con ella?

8 ¿Para qué sirve la representación de la caja negra? ¿Cuáles son las funciones de esta representación?

9 ¿Un experimento sugerido por un grupo puede ser repetido con los mismos resultado por otro grupo?

10 ¿Cómo se puede garantizar que la representación de la caja negra esté bien hecha? ¿Es importante lograr un consenso en la puesta en común?

11 ¿Qué características tiene que tener esta representación para ser útil a otros?

12 ¿Cómo influirá nueva información sobre la caja negra, por ejemplo la obtenida con algún avance tecnológico como una radiografía?

Clases

El Área de Ciencias Naturales consta de dos orientaciones: Biología y Física- Química. En Biología se abordó el tema célula y las macromoléculas fundamentales. En Física- Química los temas de sustancia, átomo-molécula y reacción química. En estos temas se hizo hincapié en los modelos subyacentes y sus representaciones asociadas.

Este período de clases, entre las dos actividades con analogías, que se desarrolló en el lapso de tiempo de un mes, incluyó también actividades en común, como lectura y discusión de materiales teóricos sobre la naturaleza de la ciencia (Gil Pérez *et al*, 2005 y Gellon *et al*, 2005).

Analogía de los mapas

Esta analogía contribuye a comprender el concepto de modelo científico y también el concepto de analogía. Fue sugerida por Smith, Snir y Grosslight (1992). Consiste en entregar a los estudiantes distintos mapas de una ciudad y discutir una serie de correspondencias de los mapas (y su construcción) con los modelos científicos.

En esta oportunidad se entregó a los alumnos unas hojas conteniendo 5 mapas del mismo tamaño de la Ciudad de Buenos Aires que abarcaban distintos aspectos: (1) barrios, (2) subterráneos, (3) principales rutas de acceso, (4) distribución de bibliotecas públicas y (5) zonas susceptibles al anegamiento. También se incluyó, (6) una imagen satelital de la ciudad y (7) un mapa antiguo del año 1890.

En pequeños grupos, los estudiantes tenían que analizar los mapas y su proceso de construcción y relacionarlo con los modelos científicos y su creación. Al finalizar debían mencionar qué aspectos no son análogos entre mapa y modelo, dónde la analogía se quiebra. Dado que la tarea constituía una instancia de cierre, la intervención de los docentes coordinadores fue acotada. Los docentes orientaron el debate en los grupos con preguntas que apuntaban a los 12 aspectos mencionados de los modelos. Estas preguntas fueron:

1 ¿Qué muestra cada mapa? ¿Muestran las mismas cosas? ¿Es un mapa mejor que otro?

2 ¿Por qué se necesita un mapa de la ciudad?

3 ¿Una foto es un mapa? ¿Y una foto satelital de la ciudad?

4 ¿Un mapa puede no tener nada que ver con lo que representa?

- 5 ¿Puede el mapa ser igual o copia de lo que representa?
- 6 ¿Es importante en un mapa callejero que figure el nombre de todos los comercios que están en sus calles? ¿o el número de todas las casas?
- 7 ¿Influye nuestra experiencia previa con el uso de mapas al usar un mapa de una ciudad que no conocemos? ¿Influirá al usar el mapa si ya conocemos la ciudad?
- 8 ¿Cuáles son las funciones del mapa? ¿Qué podemos hacer con un mapa?
- 9 ¿Un recorrido marcado en un mapa puede ser realizado por cualquier usuario? ¿puede ser repetido?
- 10 ¿Cómo se puede garantizar que un mapa esté bien hecho? ¿Es mejor un mapa hecho por una persona o por un conjunto de personas?
- 11 ¿Cómo representan las cosas? ¿Cuándo decimos que un mapa está bien hecho?
- 12 ¿Será útil un mapa viejo de Buenos Aires? ¿Por qué?

En la puesta en común se discutieron las respuestas a las que arribó cada grupo, donde se hicieron explícitas las correspondencias y no correspondencias entre mapa y modelo, y se profundizó sobre el objetivo de la actividad. Esta tarea se realizó como actividad de cierre, una semana antes de la evaluación integradora.

Actividad integradora de evaluación

La actividad de evaluación consistió en completar las columnas A y C del instrumento (Tabla 1) que se presentan vacías, partiendo de la columna B completa. Los estudiantes tuvieron que completar la columna A con las 12 características o generalidades de un modelo científico, que surgen del trabajo realizado con analogías, a partir de los resultados obtenidos con la analogía de la caja negra. Y también completar la columna C con lo correspondiente a la analogía con mapas.

En definitiva, la tarea consistió en abstraer las características de un modelo por comparación analógica con las conclusiones obtenidas del trabajo con la caja negra. Y, a partir de esas conclusiones, ejemplificar las correspondencias con las conclusiones pertinentes al trabajo realizado con la analogía de los mapas.

RESULTADOS

Se realizó un análisis cuantitativo y otro cualitativo de los resultados obtenidos.

Para el análisis cuantitativo de los cuestionarios, se empleó la siguiente escala de puntajes: (0) no responde, (1) respuesta no pertinente (incoherente), (2) respuesta vaga, algo relacionada, (3) respuesta relacionada y (4) respuesta apropiada. Las respuestas correctas esperadas se visualizan en la tabla del [Anexo](#). Los puntajes promedios obtenidos se muestran en la tabla 2.



	A. Características de un modelo científico	B. Analogía de la caja negra	C. Analogía del mapa
1		Hay un objeto de estudio: aproximarse al conocimiento de la composición y estructura de la unidad llamada caja negra.	
2		No se puede ver lo que hay dentro de la caja negra. No se puede abrir.	
3		Una foto de la caja negra no es un modelo.	
4		La representación de la caja negra, tiene cierta correspondencias con lo que representa, que nos permite emitir hipótesis y ponerlas a prueba.	
5		La representación de la caja negra no abarca todos los detalles de su contenido, ni de su estructura.	
6		El color de los posibles objetos contenidos en la caja negra, por ejemplo, no es relevante en el modelo.	
7		Suponemos el material de los objetos sobre la base de nuestra experiencia y teorías previas.	
8		La representación de la caja negra permite describir su contenido, explicar su funcionamiento y predecir su comportamiento.	
9		Los experimentos que propone un grupo tienen que poder ser repetidos con los mismos resultados por otro grupo.	
10		En la puesta en común se logra un consenso entre los grupos sobre la caja negra.	
11		Se busca la mejor forma (clara, precisa) de representar a la caja negra.	
12		Nuevos resultados obtenidos, por ej. con una radiografía de la caja negra, aporta información que llevan a revisar o rechazar el modelo.	

Tabla 1.- Instrumento utilizado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Modelo	3,2	3,0	2,4	2,5	3,0	2,8	2,7	3,1	2,8	3,6	1,8	3,4
C. Mapa	3,0	2,5	2,8	3,0	3,6	2,6	2,9	2,6	2,8	2,7	2,7	2,8

Tabla 2.- Puntajes obtenidos.

A continuación se detallan y discuten las tres respuestas más altas y las tres más bajas para mapa y para modelo. Entre paréntesis se ubica el valor promedio obtenido.

Los estudiantes no muestran dificultades en entender que un mapa se hace con un objetivo y que no existe un mapa (de los presentados) mejor que otro (C1: 3,0), que su utilidad se basa en las correspondencias que guarda con el lugar (C4: 3,0) y que no puede abarcar todo, ni ser igual a lo que representa (C5: 3,6). Sin embargo, presentan dificultades en entender que si bien se puede acceder a la zona se necesita un mapa para ubicarse (C2: 2,5), que así como el color de los objetos no es relevante en la caja negra, hay información que no es relevante para incluir en un mapa con respecto a su finalidad (C6: 2,6) y, finalmente, comprender las funciones del mapa, relacionándolas con las funciones de los modelos y de la representación hecha sobre la caja negra: describir, explicar y predecir (C8: 2,6). Se aprecia que las dos primeras dificultades están relacionadas con limitaciones de la analogía: se puede acceder directamente al territorio para confeccionar el mapa, en cambio se modela sobre fenómenos a los que no se puede acceder directamente (como el átomo o la estrella), y el color en los mapas puede estar representando algún tipo de información relevante.

Con respecto a los modelos, aceptan que están relacionados con un objeto o fenómeno de estudio (A1: 3,2), que se desarrollan como producto de acuerdos y consenso entre científicos (A10: 3,6) y que evolucionan con el tiempo (A12: 3,4). No obstante, presentan dificultades en entender que una foto, o el producto de una interacción directa con el fenómeno no es un modelo (un gráfico con mediciones, un espectro de emisión atómico, etc.) (A3: 2,4), también que el modelo guarda ciertas semejanzas o correspondencias con el objeto de estudio que permiten al modelo cumplir sus funciones (A4: 2,5) y, por último, la mayor dificultad se presentó en admitir que la presentación de los modelos debe facilitar la comunicación buscando la forma más clara e incluso elegante para hacerlo (A11: 1,8).

Ejemplos de respuestas correctas, enriquecidas por el aporte individual, que muestran comprensión lograda como producto de la tarea

1. "Un modelo científico se caracteriza por simplificar un fenómeno (objeto de estudio)" "El mapa representa características puntuales de una región" "Los mapas son representaciones, emitidos con información y utilizados para lograr un objetivo"
2. "Los modelos muchas veces representan cosas que no podemos ver en ese momento histórico (por ejemplos los agujeros negros)" "No es posible observar todas las estructuras que componen una ciudad"
3. "Al no poder trabajar con el objeto en concreto el modelo nos permite probar o refutar hipótesis respecto a este" "La foto de Capital Federal no es un modelo"
4. "Se realiza con ciertas semejanzas al mismo, se puede poner a prueba, realizar hipótesis y construirlo nuevamente" "El mapa de Bs As está hecho en escala de la ciudad"
5. "Se enfoca en los aspectos a los que se quiere observar, no es copia." "Sería imposible representar todos los aspectos de un objeto de estudio", "Los mapas muestran una parte que nos interesa de la ciudad, no todo".

6. "Al querer averiguar ciertas características, desechamos otras" "...para ubicarnos solo necesitamos los nombres de las calles. Entonces, como en los modelos, discriminamos los datos irrelevantes"
7. "Una observación está condicionada por las teorías que traiga el observador, y la información que maneje" "Si no tuviéramos ideas previas sobre el mapa no sabríamos nada sobre su uso"
8. "Un modelo científico nos va a permitir describir una parte que no vamos a poder observar a simple vista y predecir lo que sucede" "El mapa que presenta los niveles de inundación de la ciudad te permite conocer las regiones más complicadas, predecir inundaciones"
9. "La experimentación a partir de los modelos, y sus resultados, deben poder ser reproducidos por otras personas, que lleguen a los mismos resultados, para que estos sean consistentes" "Para que dé el mismo resultado tiene que hacer con exactitud los mismos pasos" "En el mapa que estaba marcado un recorrido determinado, otro usuario puede concretarlo"
10. "Entonces muchos científicos formulan hipótesis y llegan a un consenso para establecer qué hay dentro de un determinado modelo. Esto es una suposición avalada por muchos científicos, pero no es una verdad absoluta" "Se logra un consenso entre grupos de cartógrafos"
11. "El modelo debe ser claro para todos, se llega a una convención, en la que todos se ponen de acuerdo en cómo representarlo" "Debe haber un lenguaje común para cada tipo de mapa"
12. "Hay modelos históricos (que ya cayeron en desuso) y modelos científicos (actuales) que muchas veces son reformas de los históricos" "Un mapa antiguo no se ajusta a la realidad actual" "A medida que el hombre fue descubriendo técnicas más exactas de medición sus mapas fueron más "exactos"

Ejemplos de respuestas que enriquecieron el debate sobre los límites o las no correspondencias de las analogías

Por ejemplo para el concepto de mapa surgieron y debatieron las siguientes limitaciones:

1. Un mapa y un modelo tienen distintos objetivos, son formulados en distintos contextos: uno geográfico, turístico y el otro científico.
"El modelo tiene otro objetivo, de explicar un fenómeno, el mapa de ubicarte en un lugar"
"Los modelos explican funciones y procedimientos también"
2. Los que hacen el mapa pueden acceder al terreno, pueden verlo y medirlo, y sobre eso hacer el mapa. En cambio, con los modelos no, se modela sobre lo que no se puede acceder.
"Vos podés ver, en algún momento el lugar representado por el mapa, podés ver la realidad, en cambio en un modelo no. En la caja negra no vas a saber que hay adentro."

"Se puede hacer un mapa a partir de una foto satelital"

3. Los mapas son a escala.

"Un mapa es como un modelo a escala"

4. Los mapas representan una relación espacial selectiva, se corresponden en una forma no arbitraria al territorio representado. Los modelos son abstractos, suelen ser más útiles cuanto más difieren de la realidad, son una construcción humana hipotética.

"Una foto no es un modelo, no se puede tocar lo que se modela, lo podés representar"

5. Generalmente los mapas se presentan en un formato plano, bidimensional. Los modelos no, suelen incluir muchos postulados escritos y formalismos (lenguaje matemático, ecuaciones, símbolos), sus representaciones pueden ser tridimensionales.

"Es como un recorte del lugar, es plano" "Su presentación es en papel"

"La representación no te muestra el modelo en sí"

6. Existen objetos o fenómenos de la ciencia que no cambian con el tiempo, en cambio lo representado por un mapa cambia permanentemente, cambia el terreno y su representación. Los modelos sobre el átomo fueron cambiando, no el átomo.

"En ese caso cambia el modelo pero no el átomo, en el caso del mapa cambia todo"

ANÁLISIS DE LAS DIFICULTADES ENCONTRADAS

Las dificultades encontradas se clasificaron en:

I - En la tarea solicitada

II- En cuestiones epistemológicas

III- En relación al uso de analogías

Se tuvieron en cuenta como dificultades a las respuestas erróneas o problemáticas, que aparecieron en uno o varios de los 24 ítems que tenían para completar en la actividad integradora de evaluación, y que merecen una revisión en conjunto con los estudiantes. Entre paréntesis figura el porcentaje de alumnos que presentaron por lo menos una vez dicha dificultad.

I - En la tarea solicitada

I a - Ejemplifican con cuestiones de la caja negra en la columna A, donde tendrían que colocar características de los modelos. No logran abstraer algunas de las características de los modelos: (13%)

"Podemos hipotetizar de qué materiales son los objetos que están en el interior de la caja negra"

"Lo que hay en el interior de un modelo no puede verse"

I b- Abstraen sobre los modelos científicos cuando se solicita que ejemplifiquen con la correspondiente característica de los mapas (columna C): (7%)

"Tiene como función describir, explicar y predecir un proceso, sistema, hecho, etc."

"Pueden ir evolucionando los modelos"

I c- Abstraen sobre las generalidades de las analogías al completar las columnas A o C: (11%)

"La analogía puede ser utilizada para introducir, explicar, sintetizar o finalizar un tema"

"Un dominio nuevo lo relaciono con un dominio ya conocido. Ideas previas"

I d- Ejemplifican con una situación docente o modelo didáctico: (13%)

"Los alumnos explicarán que hay en la caja negra para ellos"

"Para confeccionar un mapa es importante poner en juego nuestras ideas previas"

"Un modelo es útil para el trabajo en aula..."

II- En cuestiones epistemológicas

II a- Uso inadecuado e indiscriminado de las palabras afines con la temática: teoría, hipótesis, ley, modelo, observación y experimento: (11%)

"Hipótesis basadas en preguntas que surgen de la observación del modelo"

"La función del modelo es observar..."

II b- Mencionan secuencia de pasos o acciones asociadas al "método científico", sin estar relacionadas directamente a lo que se solicita: (7%)

"A partir de la observación, se plantean hipótesis, se formulan preguntas, se realizan conclusiones"

"Propongo hipótesis, observo, experimento y concluyo"

II c- Conciben al modelo como fruto de la experimentación (visión empírista): (4%)

"Se va completando el modelo de acuerdo a lo obtenido en la experimentación"

"Trata de representar a un objeto de estudio a través de la observación y experimentación"

II d- Conciben como modelo al producto de la interacción directa con el fenómeno: (4%)

"Si es una radiografía es un modelo"

"Una foto satelital puede ser un modelo"

II e- Confusiones sobre el papel del "descubrimiento" en las ciencias. Se concibe como si fuera el hallazgo de un tesoro, tesoro que está allí esperando ser encontrado: (4%)

"Cuando se descubre lo que hay en la caja negra"

"El conocimiento científico no es definitivo porque siempre se descubre algo nuevo"

II f- Un modelo único para explicar un fenómeno: (2%)

"... se llega a un solo modelo científico"

II g- Conciben a un modelo como una representación física concreta, no como una representación abstracta inventada: (4%)

"Es una representación física"

"Una representación más o menos real..."

II h- Conocimiento reproducible, experimentos repetibles. Contraponen la posibilidad de que existan distintos puntos de vista y distintas líneas de acción o experimentos, con la necesidad de obtener iguales resultados en un experimento si se realiza en las mismas condiciones. Tienen dificultades en concebir el control de variables:

"No necesariamente ya que lo que no se le ocurrió a un grupo se le ocurrió al otro y así encuentran otro resultado para el mismo experimento"

"Un grupo puede realizar nuevos experimentos"

II i- Conciben a un modelo como una copia de la realidad, como una réplica o una foto: (11%)

"Mapa es una copia"

"Mientras más similitud a la realidad más representativo es"

"Una foto a gran escala es un modelo de lo real"

"El modelo tiene que ser lo más parecido a lo estudiado"

III- En relación al uso de analogías

III a- Consideran al objetivo y análogo en un orden jerárquico. Por ejemplo, cuando conciben a un mapa, o a la caja negra, como un tipo de modelo: (9%)

"El mapa es un modelo de una parte de la ciudad que describe algunos aspectos"

"La caja negra es un modelo"

III b- Consideran a los análogos en orden jerárquico. El mapa como un ejemplo de caja negra, donde la caja negra estaría en un orden jerárquico superior: (2%)

"El mapa permite detallar lo que se encuentra en el interior de él"

III c- No logran abstraer el concepto superordinario que subyace a toda analogía. Las representaciones del modelo, de la caja negra y los mapas constituyen representaciones externas: (9%)

"Un mapa no es un modelo sólo una representación"

"Un modelo de un mapa"

III d- No toman conciencia de las limitaciones que posee toda analogía. Se usan distintos análogos para enfocar distintos aspectos del fenómeno, los análogos no son equivalentes entre sí. Una característica de los mapas es que se puede acceder directamente a las zonas que se mapean, pero no se puede acceder a lo que se modela. Esto es una limitación de la analogía del mapa discutida en clase: (2%)

"Funciona como una caja negra que hay calles que no aparecen en el mapa"

DISCUSIÓN SOBRE LAS DIFICULTADES ENCONTRADAS

La tarea de evaluación consiste en abstraer las características de un modelo científico por comparación analógica con las conclusiones obtenidas del trabajo con la caja negra y, además, ejemplificar las correspondencias pertinentes con el trabajo realizado con la analogía de los mapas. Sobre esta cuestión varios estudiantes ejemplifican con aspectos de la caja negra cuando se solicita abstraer sobre los modelos en general (dificultad Ia), o ejemplifican con una situación pedagógica (dificultad Id). En forma inversa, abstraen sobre los modelos en general cuando se pide que ejemplifiquen para el mapa (dificultad Ib) o abstraen sobre aspectos del uso de analogías en general (dificultad Ic). La tendencia a relacionar con situaciones docentes es habitual en estos alumnos futuros maestros que reciben una enseñanza simultánea de contenidos de la ciencia natural y de la educación.

Con respecto a cuestiones relacionadas con la naturaleza de la ciencia, en particular las dificultades IIa, IIb y IIc, se aprecia que todavía en esta etapa educativa persiste cierta indiferenciación entre los conceptos afines a la temática como: teoría, hipótesis, ley, modelo, observación y experimento. Por ejemplo, las leyes y teorías son diferentes tipos de conocimiento científico, no se convierten unas en otras, en un sentido jerárquico (Lederman *et al*, 2002).

Con respecto a la influencia del conocimiento previo, que mencionan mucho estos futuros docentes en sus respuestas, se observan ciertas confusiones tanto al referirse a la ciencia y al científico como al docente y al alumno, en particular sobre el papel de: (a) el conocimiento y las experiencias previas, (b) las inferencias obtenidas a partir de las observaciones, (c) el conocimiento que se deriva del modelo o la teoría científica y (d) las ideas o concepciones previas en un sentido escolar estudiadas por la didáctica de las ciencias. Carey *et al* (1989) encontraron que algunos alumnos no distinguían entre ideas y/o propósitos que subyacen al modelo, el modelo en sí mismo y los datos experimentales que apoyarían o refutarían la validez o utilidad del modelo.

En la actividad con la caja negra se llega a un conocimiento que se deriva del modelo (de la representación que se ha construido sobre su contenido y estructura) que influye en posteriores observaciones. Esto aporta a la conclusión de que en ciencias las observaciones están impregnadas de teoría, que las experiencias y el conocimiento previo y sistematizado del científico influyen en sus observaciones. Por otro lado, está el conocimiento previo basado en las experiencias personales cotidianas, que permiten hablar del material de los objetos, que no tendrían que considerarse como inferencias provenientes directamente de las observaciones realizadas. A este respecto pueden resultar útiles actividades como las propuestas por Gellon *et al* (2005) para distinguir entre observación e interpretación.

En algunas respuestas se observa la tendencia a la utilización de frases dogmáticas del tipo "Nada es perfecto" (respecto a la ciencia como actividad humana), "Todo se transforma", "Todo cambia" (respecto a la evolución de los mapas y modelos), "Más puntos de vista mejor" (-valor indiscutido de la diversidad- respecto a obtener iguales resultados ante el mismo experimento), que se sostienen como leyes indiscutibles. El

hecho de que un modelo sea una construcción humana y un conocimiento provvisorio, no implica que no pueda cumplir perfectamente las funciones para las que fue diseñado: describir, explicar y predecir el objeto de estudio. Gilbert (1991) halló que los estudiantes rechazaban la idea de que el mejor científico era aquel que seguía el mismo método científico para todo problema, pero guiados por la creencia "superior" del valor de la diversidad.

Algunos estudiantes sostienen que un modelo es una copia de la realidad. Esta es una concepción alternativa frecuente a la que hace referencia la bibliografía. En ella se concibe a un modelo como una reproducción de la realidad, que un modelo es mejor cuanto más se parece al objeto, y no como una representación simplificada del mismo. Contribuye a esta concepción la inclusión de los modelos a escala, que para muchos no deben considerarse como modelos científicos en un sentido estricto (Van Driel y Verloop, 1999). Estos autores destacan, además, que un modelo no puede interaccionar directamente con el objeto que representa, así una foto, una foto satelital o un espectro no constituyen modelos.

Con respecto a las características generales de las analogías, se espera que los estudiantes aprendan sobre los modelos a partir de establecer una comparación analógica, donde objetivo (modelos) y análogos (caja negra y mapas) están en el mismo nivel de generalización. Además, percibir que en toda analogía es posible abstraer y/o poner en palabras un concepto superordinario (dificultad IIIc), que incluye a los subordinados: el análogo y el objetivo (Duit, 1991). Es este caso el concepto superordinario está relacionado al concepto de representación externa.

CONCLUSIONES

El razonamiento analógico es una actividad de comparación de estructuras y/o funciones entre dos dominios: un dominio conocido y un dominio nuevo o parcialmente nuevo de conocimiento. Los estudiantes mostraron que como fruto de esta comparación pudieron abstraer características y funciones de los modelos, que hubieran sido difíciles de adquirir por otras vías.

En el trabajo realizado ambas analogías han sido enriquecidas con respecto a lo que encuentra en la bibliografía, esencialmente en: (a) el número de correspondencias con el concepto de modelo, (b) las preguntas y actividades que orientan hacia dichas correspondencias y (c) las vinculaciones simétricas entre ambas analogías.

Los estudiantes evidenciaron comprender que un modelo puede ser utilizado como una herramienta de investigación con las finalidades de describir, explicar y predecir, y que no es un cúmulo de hechos a ser memorizados. Esto implicaría un avance en la superación de la visión empírica, en que se admite que la ciencia avanza sólo como fruto de la experimentación, en una forma acumulativa.

El trabajo en grupos pequeños, seguido de puestas en común, donde se rescataba el valor del pensamiento divergente y creativo, contribuyó a superar visiones positivistas del conocimiento que conciben al desarrollo de los modelos como un proceso lineal y racional, en el que se busca la mayor correspondencia o parecido entre modelo y objeto.

El trabajo en el aula con analogías resultó una actividad motivadora, que entusiasmó e involucró a los estudiantes, que también evidenciaron, como lo muestra el último párrafo de Resultados, un conocimiento sobre las limitaciones de las analogías. Esto último constituye un indicio importante en el avance hacia la comprensión adecuada de la temática y de los objetivos de la actividad pedagógica con analogías.

Las dificultades que les surgieron a los alumnos en esta actividad de aprendizaje sobre los modelos científicos fueron, en general, y como lo indican los porcentajes obtenidos, sostenidas por muy pocos estudiantes. Y su importancia radica en que constituyen cuestiones que merecen ser discutidas con los alumnos al final del trabajo realizado.

Otros aspectos interesantes que sería necesario profundizar con los estudiantes en nuevas actividades, son:

- Los relacionados a las ideas previas, dado que existe una gran imprecisión sobre a qué contexto se refieren: el científico investigando, la persona en su vida cotidiana, el docente enseñando o el alumno aprendiendo.
- La validación de los modelos desde su consistencia con dos criterios: los empíricos (si puede explicar los datos disponibles y predecir los resultados de futuros experimentos) y los conceptuales (si se ajusta a otros modelos y teorías aceptadas) (Cartier *et al*, 2001).
- La naturaleza de las analogías: conocer más sobre las analogías permitirá evitar los errores mencionados sobre el uso de analogías (punto III) y aprender más a partir de ellas.
- La terminología sobre la naturaleza de la ciencia, realizando actividades metacientíficas durante el trabajo de los contenidos específicos en las clases de ciencias.
- El uso de analogías como modelo de enseñanza en general, durante la formación de maestros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de las profesoras del IFDC: Ana Schnersch, Mónica Moscato, Margarita Herbel y Diana Garrafa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5, 2, 134-169.
- Adúriz-Bravo, A. y Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física - consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19, 1, 76-88.
- Black, M. (1962). *Models and metaphors*. New York, Cornell University Press.

- Bunge, M. (1985). *La investigación científica*. España: Ariel.
- Carey, S. et al. (1989). A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- Cartier, J. (2000). Assessment of explanatory models in genetics: insights into students' conceptions of scientific models. Report nº 98-1. University of Wisconsin- Madison. <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>.
- Cartier, J., Rudolph, J. y Steward, J. (2001). The nature and structure of scientific models. Working paper. University of Wisconsin- Madison. <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 1, 26-41.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 6, 649-672.
- Etkina, E., Warren, A. y Gentile, M. (2005). The role of models in physics instruction. *The Physics Teacher*, 43, 15-20.
- Gellon, G., Feher, E., Furman, M. y Golombek, D. (2005). *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Gil Pérez, D. y otros. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? Capítulo 2: *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Santiago de Chile: UNESCO.
- Gilbert, S. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 1, 73-79.
- Gilbert, J. K. (1997). *Exploring models and modelling in science and technology education*. Reading: The New Bulmershe Papers.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 9, 799-822.
- Haber-Schaim, U. y otros. (1979). *Curso de introducción a las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.
- Harrison, A. y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 9, 1011-1026.
- Islas, S. y Pesa, M. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, 57-66.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 6, 497-521.

- Manassero, M. y Vázquez, A. (1999). Ideas de los estudiantes sobre la epistemología de la ciencia: modelos, leyes y teorías. *Revista de Educación*, 320, 309-334.
- MUSE (Modelling for Understanding in Science) (2002). Earth-moon-sun dynamics project. University of Wisconsin- Madison. <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Raviolo, A., Siracusa, P., Herbel, M. y Schnersch, A. (2000). Desarrollo de razonamientos científicos en la formación inicial de maestros. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 38, 129-140.
- Raviolo, A., (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 20, 1, 55-60.
- Saari, H. (2000). *Pupils' conceptions of models and modelling in secondary school physics teaching*. Finlandia: University of Joensuu.
- Smith, C., Snir, J. y Grosslight, L. (1992). Using conceptual models to facilitate conceptual change: the case of weight-density differentiation. *Cognition and Instruction*, 9, 3, 221-283.
- Van Driel, J. y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 11, 1141-1153.

Anexo

Correspondencias abordadas y respuestas esperadas al instrumento de evaluación.

	A. Características de un modelo científico	B. Analogía de la caja negra	C. Analogía del mapa
1	Un modelo está siempre relacionado a un objeto de estudio. Dan respuesta a un problema.	Hay un objeto de estudio: aproximarse al conocimiento de la composición y estructura de la unidad llamada caja negra.	Cada mapa muestra un aspecto particular. Ningún mapa es mejor que otro: cada mapa se hace con un propósito.
2	Se modela con fenómenos a los que no se puede acceder directamente.	No se puede ver lo que hay dentro de la caja negra. No se puede abrir.	No se puede ver la zona, o toda la zona, se necesita un mapa.
3	Un modelo no puede interaccionar directamente con el objeto que representa.	Una foto de la caja negra no es un modelo.	Una foto satelital de un lugar no es un mapa.
4	Tiene ciertas semejanzas o correspondencias con el objeto de estudio, de esta forma permite al investigador derivar hipótesis.	La representación de la caja negra, tiene cierta correspondencias con lo que representa, que nos permite emitir hipótesis y ponerlas a prueba.	El mapa guarda ciertas correspondencias con el lugar, que le dan utilidad al mapa.
5	Un modelo es una representación simplificada, siempre difiere en ciertos aspectos del objeto.	La representación de la caja negra no abarca todos los detalles de su contenido, ni de su estructura.	Un mapa no es igual al territorio que representa. No puede abarcar todos los detalles.
6	Dependiendo de los intereses algunos aspectos del objeto son deliberadamente excluidos del modelo.	El color de los posibles objetos contenidos en la caja negra, por ejemplo, no es relevante en el modelo.	Un mapa callejero no incluye el nombre de los comercios que se encuentran en sus calles. Deja aspectos de lado para cumplir su objetivo.
7	Los experimentos y observaciones a las que sometemos al modelo están impregnados de teoría.	Suponemos el material de los objetos sobre la base de nuestra experiencia y teorías previas.	Interpretamos el mapa sobre la base de nuestra experiencia con mapas y con lo que representa.
8	Las principales funciones de un modelo son descriptivas, explicativas y predictivas.	La representación de la caja negra permite describir su contenido, explicar su funcionamiento y predecir su comportamiento.	El mapa nos permite tener una idea del lugar, explicar a otro, planificar el camino a seguir, predecir lo que vamos a encontrar.
9	Los resultados de los experimentos y observaciones que se derivan de un modelo son reproducibles.	Los experimentos que propone un grupo tienen que poder ser repetidos con los mismos resultados por otro grupo.	Un recorrido en un plano puede ser repetido por otros usuarios del mapa.
10	Los postulados definitivos de un modelo científico se logran como producto de acuerdos entre científicos.	En la puesta en común se logra un consenso entre los grupos sobre la caja negra.	Los que hicieron el mapa se pusieron de acuerdo sobre la versión final.
11	Los modelos facilitan la comunicación, lo hacen de una forma clara y elegante.	Se busca la mejor forma (clara, precisa) de representar a la caja negra.	El mapa tiene que ser claro y preciso.
12	Los modelos son dinámicos, nuevos hallazgos, nuevas observaciones, pueden llevar a revisar, adecuar o rechazar el modelo.	Nuevos resultados obtenidos, por ej. con una radiografía de la caja negra, aporta información que llevan a revisar o rechazar el modelo.	Un mapa viejo ya no es útil porque hubo muchos cambios en las calles.

TEACHING AND LEARNING OF THE SCIENTIFIC MODEL CONCEPT BY MEANS OF ANALOGIES

SUMMARY

At present, it is highly recognised the importance of teaching not only the contents of the science but also its nature. Models represent an important role in the construction and development of scientific knowledge as well as in the teaching of sciences. The general objective of the present work is to make a contribution to the way of teaching the concept of a scientific model. It is introduced a research design carried out by prospective teachers which includes the application of two analogies (black box and maps). Both analogies have been improved in relation to what appears in the bibliography. In this work, the students learning is exhibited either in qualitative and in quantitative terms. It is also shown the difficulties the students had when integrating both analogies and when constructing the scientific model concept.

Keywords: *nature of science; model concept; teaching and learning with analogies.*