



Dos analogías en la enseñanza del concepto de modelo científico: Análisis de las observaciones de clase

Raviolo, A.^{1,2}, Aguilar, A.¹, Ramírez, P.¹, López, E.¹
araviolo@barilche.com.ar, alfonso.a@live.com, paularamirez@barilche.com.ar,
eduardoa@hotmail.com

¹CRUB, Universidad Nacional del Comahue, Quintral 1250, Bariloche, Río Negro.

²Sede Andina. Universidad Nacional de Río Negro, Villegas 147, Bariloche, Río Negro. Argentina.

Resumen

Enseñar sobre la naturaleza de los modelos científicos, como parte de la naturaleza de las ciencias, es un objetivo prioritario reconocido en la enseñanza.

El propósito de este trabajo es verificar la eficacia de una propuesta didáctica basada en el uso de analogías para comprender el concepto de modelo científico.

Se presenta el diseño de investigación llevado adelante con alumnos futuros maestros que incluye el empleo de dos analogías: la caja negra y los mapas. Ambas analogías fueron enriquecidas con respecto a lo que se encuentra desarrollado en la bibliografía. En este trabajo se muestran los aprendizajes de los alumnos, en términos cualitativos, analizados a partir de observaciones de clase y de un informe de autoevaluación. Se comprobó que esta propuesta constituyó un avance en la comprensión del concepto de modelo y modelado en ciencias así como también de la naturaleza de las analogías como recurso pedagógico.

Palabras Claves: naturaleza de las ciencias, concepto de modelo, enseñanza y aprendizaje con analogías

Two analogies in teaching the scientific model concept: Analysis of classrooms observations

Abstract

Teaching about scientific models' nature, as part of the nature of science, it is a priority objective recognised in science teaching. The purpose of this work is to verify the efficacy of a certain didactic proposal based on the use of analogies to understand the scientific model concept. It is presented 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 is developed in bibliography. In this work, the students' achievements are exhibited in qualitative terms, using class analysis observations and self-evaluation questionnaire. It is proved here that this proposal resulted in an advance in the understanding of the science model and modelling concept as well as nature of analogies as a pedagogic resource.

Keywords: nature of science, model concept, teaching and learning with analogies

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Enseñar sobre la naturaleza de los modelos científicos

Existe cierto consenso entre los autores de proyectos de reformas educativas y entre los investigadores en didáctica que desarrollar contenidos relacionados con la naturaleza de las ciencias es un objetivo prioritario en la enseñanza (Acevedo, 2008). La naturaleza de la ciencia es definida operativamente en el contexto de la enseñanza como el conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica, donde las ideas a enseñar tienen distintas procedencias (la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia) y experimentan genuinas transposiciones didácticas funcionales a la tarea cotidiana de los profesores de ciencias (Adúriz-Bravo 2007).

Para que la enseñanza de las ciencias se oriente a lograr una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia es necesario indagar, y desarrollar apropiadamente, el conocimiento que poseen los profesores y futuros profesores sobre este aspecto (Acevedo y Acevedo, 2002).

Los modelos cumplen un rol fundamental en la construcción y en el avance del conocimiento científico y también lo cumplen en la enseñanza de las ciencias. Gilbert (1991) destaca la importancia de que los estudiantes valoren la naturaleza construida de los modelos para comprender la naturaleza construida del conocimiento científico. En este sentido, Coll y otros (2006) afirman que se deben valorar aquellas prácticas educativas que brindan una oportunidad al alumno de participar en discusiones semejantes a las que lleva a cabo la comunidad científica al seleccionar y consensuar sus modelos.

Un modelo científico puede ser considerado como una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico (Bunge, 1985). Es 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 constituyen una herramienta de investigación que se emplea esencialmente para obtener información acerca de un objeto de estudio el cual no puede ser observado o medido directamente (ej: átomo, molécula, estrella, agujero negro). Los modelos concentran su atención en aspectos específicos del sistema y

están asociados a imágenes o representaciones. Es por ello que, como plantean Treagust y otros (2007), los modelos científicos pueden ser de naturaleza muy diferente, al igual que las entidades modeladas, siendo especialmente útiles en la representación de conceptos abstractos.

Comprender los modelos científicos resulta generalmente una tarea ardua por su carácter abstracto, y también lo es comprender la naturaleza de los modelos. Al respecto Van Driel y Verloop (1999) sostienen que rara vez se invita a los alumnos a construir y a revisar modelos. Y agregan que, frecuentemente, los profesores presentan a los modelos como si fueran hechos estáticos. El pensamiento basado en modelos es un proceso sofisticado que debería ser una parte explícita del aprendizaje de las ciencias (Harrison y Treagust, 2000).

Los docentes no cuentan con muchas actividades que les puedan ayudar a enseñar sobre la naturaleza de los modelos científicos. La utilización de analogías es una de ellas.

1.2 Enseñar con analogías

El razonamiento analógico es una actividad de comparación de estructuras y/o funciones entre dos dominios: un dominio conocido (análogo) y un dominio nuevo (objetivo). Por ello, las analogías se usan en la enseñanza para comunicar conceptos nuevos y abstractos, dado que permiten transferir conocimientos de un área conocida por el estudiante a otra desconocida, facilitando la visualización de un dominio abstracto (Duit, 1991; Oliva y otros, 2001).

Una analogía comprende, además del objetivo y del análogo, un conjunto de relaciones o correspondencia entre ellos y una serie de atributos no compartidos o limitaciones de la analogía.

No caben dudas de que el empleo de analogías en las aulas produce en los alumnos interés y motivación, aunque su presentación de manera pasiva, sin la discusión de su propósito, naturaleza, fortalezas y limitaciones conduce a la generación de comprensiones erróneas (Felipe y otros, 2006; Raviolo y Garritz, 2007) como: (1) la analogía en sí misma es asumida como objeto de estudio, (2) la atribución incorrecta de atributos del análogo al objetivo; (3) la sola retención de aspectos superficiales o pintorescos y (4) la no abstracción de las correspondencias entre los dominios.

La analogía es un recurso didáctico útil en los procesos de enseñanza y aprendizaje, porque permite organizar y contextualizar la información, mejorando de esta manera su recuerdo, favoreciendo el aprendizaje significativo y el desarrollo del pensamiento creativo (González, 2005). Para que estas fortalezas de las analogías sean reales, la presentación en el aula de las analogías debe ser planificada y seguir una metodología sistemática, como las secuencias propuestas por Glynn (1991) o por Harrison y Coll (2008).

Las concepciones de los profesores sobre las analogías y sobre las analogías como estrategia didáctica, han sido estudiadas, por ejemplo, por Oliva y otros (2001), encontrando en los profesores ciertas confusiones semánticas en torno al término analogía. También comprobaron que los profesores suelen ser conscientes de las ventajas e inconvenientes que plantea el uso de analogías, aunque los métodos didácticos que mencionan para superar esas dificultades no parecían ser los más adecuados.

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.

1.3 Aprendizaje del concepto de modelo científico

Aprender ciencias, de acuerdo a los objetivos formulados por Hodson (1993), implica el desarrollo de una comprensión de los principales modelos históricos y modelos científicos vigentes, a través de versiones adaptadas para la enseñanza o modelos del currículo. El contenido de estos modelos enseñados se aprendería mejor si los alumnos poseen cierto conocimiento sobre la naturaleza de los modelos científicos. Sin embargo, la investigación ha mostrado que es difícil para los estudiantes comprender el concepto de modelo científico. La mayoría de los estudiantes no tiene claro qué son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones.

Varias investigaciones se realizaron en torno a las concepciones que sostienen los alumnos acerca de la naturaleza de los modelos, entre ellas, Gilbert (1991), Grosslight y otros (1991), Manassero y Vázquez (1999), Gilbert (1997), 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).

Por ello, como sostienen Treagust y otros (2007), es necesario dar un mayor énfasis a la enseñanza del papel de los modelos científicos en la ciencia, haciendo hincapié en:

- Trabajar con los modelos científicos de forma semejante al modo en que lo hacen los científicos
- Destacar las semejanzas y diferencias de las representaciones con la realidad
- Profundizar en la naturaleza de los modelos

En este marco se llevó adelante el siguiente diseño de investigación.

Objetivos de la investigación

El objetivo específico de este trabajo es ponderar la eficacia de una propuesta didáctica basada en el uso de analogías para la comprensión del concepto de modelo científico.

Las preguntas que guían esta investigación son: ¿Cómo se enseña sobre modelos utilizando analogías? ¿Qué aprenden sobre los modelos los alumnos futuros docentes? ¿Las analogías empleadas son efectivas y en qué grado? ¿En qué medida los estudiantes enriquecen las respuestas? ¿Qué dificultades perduran?

2. METODOLOGÍA

La experiencia se llevó a cabo con 45 alumnos de primer año (edad promedio 26 años) del Instituto de Formación Docente Continua de San Carlos de Bariloche, durante el cursado del Área de Ciencias Naturales.

El trabajo en el aula con las analogías comprendió cinco etapas:

- a. Analogía de la caja negra
- b. Desarrollo de clases por orientación (Biología y Física- Química)

- c. Analogía de los mapas
- d. Actividad integradora de evaluación sobre el uso de analogías
- e. Autoevaluación grupal sobre tareas realizadas.

(a) La analogía de la caja negra es una comparación ya clásica; fue propuesta, por ejemplo, por Haber-Schaim y otros (1979) y permite introducir el concepto de modelo, vivenciar el proceso de modelado y relacionar los conceptos de hipótesis, experimento y modelo. En nuestra experiencia se entregaron a los alumnos cajas negras, una para cada grupo de trabajo. Las cajas eran todas iguales para facilitar la discusión entre los grupos y permitir hacer referencia a sus componentes y estructura interna. La consigna fue investigar qué objetos hay en la caja y en qué situación se encuentran, sin abrir ni romper la caja.

(b) Las clases correspondientes al Área de Ciencias Naturales están divididas en dos orientaciones: Biología y Física- Química. En la primera orientación se abordó el tema célula y las macromoléculas fundamentales. En Física-Química se trataron los temas de sustancia, átomo-molécula y reacción química. En la enseñanza se hizo hincapié en los modelos subyacentes y sus representaciones asociadas.

(c) La analogía de los mapas, sugerida por Smith, Snir y Grosslight (1992), contribuye a comprender el concepto de modelo científico y también el concepto de analogía. 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 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. Dado que la tarea constituía una instancia de cierre, la intervención de los docentes coordinadores fue acotada.

(d) La actividad integradora 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, también, ejemplificar con las conclusiones correspondientes al trabajo realizado con la analogía de los mapas.

Para elaborar la actividad integradora de evaluación se tuvo en cuenta la idea de modelo científico en un sentido estricto (Van Driel y Verloop, 1999). Para estos autores un modelo científico cumple ciertas condiciones; por ejemplo, se modela un fenómeno al que no se puede acceder en forma directa; de esta manera, un modelo a escala no es considerado un modelo científico en un sentido restringido. Tampoco un modelo puede interactuar directamente con el objeto; así, una fotografía o un espectro de líneas de emisión no son considerados modelos. Desde el punto de vista educativo, 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. Se adoptó esta postura como consecuencia de la revisión realizada a las clasificaciones de modelos (Raviolo, 2009) donde se aprecia que toda representación podría ser considerada un modelo, lo que no aporta a una definición precisa del término, de utilidad para el contexto educativo.

Tabla 1.- Correspondencias abordadas y respuestas esperadas.

	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. Da 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	No se puede ver lo que hay	No se puede ver la zona, o toda la

	los que no se puede acceder directamente.	dentro de la caja negra. No se puede abrir.	zona, se necesita un mapa.
3	Un modelo no puede interactuar 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 ciertas 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 que se relacionan 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 o enunciados 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.

(e) Al final del período de enseñanza se solicitó a los estudiantes que realizaran un informe sintético de autoevaluación sobre las actividades realizadas y los aprendizajes que promovieron.

La recolección de información se llevó a cabo en un período comprendido de seis o siete clases, dependiendo de cada grupo, de 3 horas

cada una. Incluyó las observaciones de clases, con registro escrito y grabación en audio, y también los dos cuestionarios escritos: (1) actividad integradora de evaluación y (2) informe de autoevaluación grupal sobre tareas realizadas.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en las observaciones de clase y en las

autoevaluaciones realizadas. En el artículo Raviolo y otros (2010) se amplía sobre la metodología llevada adelante y se analizan los resultados obtenidos en el cuestionario (actividad integradora de evaluación). Los resultados del presente trabajo son inéditos y complementarios a los del artículo mencionado.

3. RESULTADOS

3.1 De las observaciones de clases donde se llevaron a cabo las actividades con las dos analogías

Se pudo apreciar que a medida que los estudiantes avanzaron en la tarea con la caja negra:

- Las hipótesis y las acciones para comprobarlas se fueron precisando más.
- Las acciones ejecutadas por los estudiantes fueron cada vez más sofisticadas: desde sacudir la caja con violencia hasta inclinarla levemente, usar un imán o mirar a trasluz.
- El dibujo o representación de la estructura de la caja negra (representación del modelo) se fue haciendo más precisa.

De las representaciones realizadas por los grupos, la mitad fueron presentadas en dos dimensiones y las restantes en tres dimensiones. No les resultó difícil arribar a una representación consensuada.

Al trabajar con la actividad de los mapas se evidenció que varias de las características de los modelos, que habían aprendido previamente con la experiencia de la caja negra, fueron empleadas para explicar la función de los mapas. Además, las afirmaciones utilizadas no se encontraban explícitamente ligadas a la actividad de la caja negra, sino que eran generalidades de los modelos aplicadas a la caracterización de los mapas; mostrando un avance en el proceso de abstracción de las características principales de los modelos.

Del análisis de los registros de clase y las transcripciones de audio, se extrajeron afirmaciones que muestran cómo la actividad planteada favorece la discusión y el entendimiento sobre las doce características principales de un modelo científico abordadas en este trabajo. A continuación se transcriben algunas de ellas.

1. Un modelo está siempre relacionado a un objeto de estudio. Da respuesta a un problema.

“¿Para qué hacemos esta actividad?... Para llegar a lo que no se puede ver”

“Principalmente hay que agudizar los sentidos... es lo que nos permite conocer... La caja es hueca,

hay distintos objetos con distintos pesos, algunos se deslizan otros ruedan...”

“¿Qué muestra cada mapa? ...Ah, este mapa muestra los barrios...”

“Depende del objetivo que querés llegar...”

“¿Qué mapa es mejor?... Depende de la necesidad, de lo que vos querés, si querés buscar una calle vas a ir a un mapa que nombre las calles...”

“El mapa viejo para un historiador es útil...”

2. Se modela con fenómenos a los que no se puede acceder directamente.

“¿Uno puede ver lo que va a modelizar?... No, por ejemplo los átomos, como el mapa...”

“Una foto no es un modelo, no se puede tocar lo que se modeliza, lo podés representar...”

“Queremos abrir (a la caja negra)”

3. Un modelo no puede interaccionar directamente con el objeto que representa.

“¿Una foto de la caja negra es un modelo?... no es un modelo”

“La foto satelital muestra lo que es...”

“... no, no puede ser copia de la realidad...”

4. Tiene ciertas semejanzas o correspondencias con el objeto de estudio, de esta forma permite al investigador derivar hipótesis.

“El mapa toma cosas de la realidad, ¿y los modelos también?... sí”

“Por ahí la representación no sea completa... tiene un mínimo de correspondencia...”

“El mapa es un recorte de la realidad, entonces sí o sí tiene que ver con algo que vos querés mostrar”

“Un mapa tiene correspondencia con lo que representa... un mapa de Buenos Aires en Bariloche no sirve...”

5. Un modelo es una representación simplificada, difiere en ciertos aspectos del objeto.

“¿Qué tienen los mapas de correspondencias con los modelos?... que los modelos no muestran todo...”

“No puede contener todos los detalles, las personas, los autos...”

“Por ahí la representación no sea completa...”

“Los modelos representan una fracción de la realidad, no es todo, lo que te interesa”

“(En relación a los mapas) cada uno intenta representar un aspecto de la ciudad, de las inundaciones...”

6. Dependiendo de los intereses algunos aspectos del objeto son deliberadamente excluidos del modelo.

“... que el color de los objetos no es un dato relevante a los propósitos del modelo, que es

conocer los componentes y estructura de la caja...”

“Yo no creo que muestre todo en realidad, sería muy difícil de representar”

7. Los experimentos y observaciones a las que sometemos al modelo están impregnados de teoría.

“¿Por qué dicen que el objeto pegado no es un imán?... Porque se atrae de los dos lados (no hay repulsión) es probable que sea metálico...”

“Hay una bolita de plástico que no se atrae”

“Para mí hay algo pegado, y algo que rueda puede ser de metal... hay que probar con un imán...”

“El conocimiento previo influye, como en la caja negra, objetos que rodaban, el color, etc.”

8. Las principales funciones de un modelo son descriptivas, explicativas y predictivas.

“Para llegar a lo que no se puede ver”

“Deducimos lo que hay adentro”

“Con un mapa puedo llegar a deducir... anticipar... predecir”

“Los mapas sirven para localización, orientación”

“(En relación a los mapas) Podés explicar la realidad, pero no es la realidad en sí...”

9. Los resultados de los experimentos y observaciones que se derivan de un modelo son reproducibles.

“¿Un recorrido marcado en el mapa puede ser realizado por cualquier usuario? ... sí, lo puede repetir”

“Cualquiera puede repetir el mismo camino...”

“Claro, cuando el mapa está probado, que se llegó al consenso...”

“¿Cómo poder garantizar que los modelos estén bien hechos? ... por su utilidad, porque pude llegar a un lugar...”

10. Los postulados definitivos de un modelo científico se logran como producto de acuerdos entre científicos.

“Tratemos de armar un modelo de la caja que todos estemos de acuerdo... (dibuja la representación del modelo consensuado de la caja negra)”

“Hay que tener elementos para hacer el mapa, mejor un grupo de personas...”

“... confiaría más si el mapa lo hace un grupo”.

“Se confía más con el hecho en grupo”

“Claro, convenciones... por consenso...”

11. Los modelos facilitan la comunicación, lo hacen de una forma clara y elegante.

“Cómo poder garantizar que los modelos estén bien hechos?... Por su utilidad, porque pude llegar a un lugar...”

“¿Cuándo sirve un modelo?... cuando es estético... cuando es objetivo”

“Es útil cuando uno puede transmitirle al otro lo que se quiere...”

12. Los modelos son dinámicos, nuevos hallazgos, nuevas observaciones, pueden llevar a revisar, adecuar o rechazar el modelo.

“A veces si se llega a conocer más la caja negra, por ejemplo con una ecografía se puede saber cómo son los órganos...”

“¿Se les ocurre algo para saber que hay adentro?... los rayos X...”

“Que los modelos van cambiando... según avanza la ciencia”

“Claro, como pasó con el átomo...” “¿Se puede tener la versión última, final, de un mapa de una ciudad? ... no, porque siempre se van modificando”

“Se pueden modificar los modelos a partir de los descubrimientos...”

“Todo cambia... los modelos cambian, evolucionan...”

También en el análisis de las observaciones realizadas se indagó sobre las **limitaciones de las analogías**. Cuatro aspectos surgieron de los debates:

- La posibilidad real de abrir la caja negra y mirar lo que hay adentro. (característica 2)

“queremos abrirla... queremos comprobar las hipótesis”

- La posibilidad de acceder al lugar que se mapea (característica 2)

“vos podés ver en algún momento el lugar representado por el mapa, podés ver la realidad, en cambio en un modelo no”, “un mapa es como un modelo a escala”, “tiene otro objetivo, explicar un fenómeno, en cambio el mapa ubicarte en un lugar”

- La posibilidad de interactuar directamente con el lugar que representa el mapa, por ejemplo a través de una foto o una foto satelital (característica 3)

“Una foto de la caja negra no es un modelo, pero una foto satelital puede llegar a ser un mapa, ...no te muestra el nombre de las calles como hacen los mapas, pero te muestra todo lo que vos estás viendo en un mapa”

- El hecho de que el lugar que se mapea cambia constantemente y algunos objetos a modelar no cambian con el tiempo (como el átomo) (característica 12)

“no se puede tener la versión final del mapa de una ciudad porque siempre se va modificando”, “un modelo sobre el átomo también puede cambiar... pero en ese caso cambia el modelo pero no el átomo, en el caso del mapa cambia todo”

3.2 Del informe de autoevaluación

Del análisis de los informes de autoevaluación realizados por cada grupo de estudiantes, se transcriben a continuación algunas afirmaciones que traslucen sus opiniones y percepciones de sus aprendizajes logrados a partir de la experiencia vivenciada:

“Al poner en común todas las experiencias de las cajas pudimos ver que ningún modelo es completamente correcto, por lo tanto los conceptos y teorías que predecíamos cambiaban y otras eran rechazadas a medida que íbamos experimentando...” (Grupo 1)

“Los modelos y teorías cambian y se desarrollan (con el tiempo algunas se rechazan). Ante un mismo fenómeno, hay diferentes observaciones.... Esto puede dar lugar a una sola teoría (con todos los grupos llegamos a un solo modelo de caja negra). La “caja negra” es un objeto de estudio. Un modelo permite derivar hipótesis” (Grupo 2)

“Funciones del modelo... el poder describir los objetos que contenía la caja, explicar por qué creíamos que eran determinados objetos (peso, rodaban, se deslizaban) y predecir. Es importante ver a la ciencia no como un proceso de describir objetos sino como un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos” (Grupo 3)

“Partimos de un modelo de modelo (la caja negra) que se caracteriza por ser descriptivo, explicativo y predictivo. Con él experimentamos, imaginamos, observamos. Podría ser una analogía de un átomo (o de algo que no podemos ver, ya que debemos suponer que hay dentro, pero nunca comprobarlo o postularlo como una verdad absoluta.” (Grupo 4)

“Modelo es un esquema representativo de algún aspecto de la realidad que muestra o simula y explica fenómenos que se dan en la naturaleza. Es una gran ayuda para la comprensión de muchos aspectos que no pueden conocerse. En cada caso los alumnos deberán formular hipótesis y realizarán un dibujo (modelo) representativo que determina la forma y material del objeto tentativamente. Como el niño no puede observar lo que está encerrado, tarde o temprano va a imaginar “un modelo” que represente lo que hay en el interior de las cajas: jamás será completo absolutamente.” (Grupo 5)

“Consideramos que es una actividad interesante de reproducir en nuestra práctica docente, ya que los maestros utilizan recursos, como por ejemplo, los modelos, analogías y

metáforas, es así como los alumnos aprenden y se obtiene buenos resultados” (Grupo 7)

“Describimos, explicamos y predecimos lo que podría llegar a encontrarse en el interior de la caja. A partir de esto surgieron teorías de los procesos de creatividad, imaginación, observación y experimentación, poniendo en consideración las ideas previas y las conjeturas del grupo para asociar” (Grupo 8)

“Es analógica porque pusimos en juego lo que conocíamos y un conocimiento parcial de lo que podemos a llegar a conocer. Los modelos son uno de los principales resultados de la ciencia, ya que son más fácilmente visibles que las teorías y esto les da relevancia para propósitos educativos. Los profesores debemos usar estos modelos para enseñar que constituyen representaciones intermediarias, orientadas a alcanzar la comprensión de los modelos del currículo” (Grupo 9)

Las dificultades de los estudiantes en la comprensión de contenidos abordados, algunas de las cuales persistieron a las tareas realizadas, fueron analizadas en Raviolo y otros (2010).

CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado se pudo evidenciar que los alumnos participantes lograron comprender las principales características de los modelos a partir del potencial educativo de las analogías.

Como se aprecia en la Tabla 1, en esta propuesta las analogías de la caja negra y de los mapas han sido enriquecidas con respecto a lo que se 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.

En los resultados cualitativos que surgieron del análisis de los registros de clase y las transcripciones de audio, se extrajeron afirmaciones de los estudiantes que mostraron el grado de discusión alcanzado en la comprensión de las doce características principales de un modelo científico abordadas en este trabajo. A partir de los resultados obtenidos en los informes de autoevaluación de cada grupo de alumnos, se apreciaron las percepciones de los propios estudiantes sobre dichos aprendizajes.

Muchos estudiantes evidenciaron comprender que un modelo puede ser utilizado como una herramienta de investigación con las finalidades de describir, explicar y predecir, que es una construcción humana creativa que da

respuesta a un problema. Esto implicaría un avance en la superación de la visión empirista, que admite que la ciencia avanza sólo como fruto de la experimentación en una forma acumulativa. Y también en superar la visión de que aprender ciencia es poder reproducir un cúmulo de hechos a ser memorizados.

En este sentido, resultó más que interesante el debate en torno a las limitaciones de las dos analogías desarrolladas sobre el concepto de modelo. Por ejemplo, la idea errónea de que el modelo no es definitivo porque lo que se modela cambia constantemente con el paso del tiempo, en lugar del hecho de que no se pueda acceder o abarcar lo que se modela. El reconocimiento de limitaciones de las analogías constituye un indicador importante en el avance hacia la comprensión adecuada de la temática y de los objetivos de la actividad pedagógica con analogías.

Finalmente, esta propuesta permitió a los estudiantes proyectar sobre su futuro rol como docentes; esto se aprecia en afirmaciones realizadas por ellos en los distintos momentos de trabajo. Resulta importante que los futuros docentes comprendan claramente estos y otros aspectos de la ciencia para así poder trabajar con sus alumnos desde una visión integradora de las ciencias, sobre una base epistemológica fundamentada.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 5 (2), 134-169.

Acevedo Díaz, J. A. y Acevedo Romero, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, Madrid, OEI. http://www.rieoei.org/did_mat7.htm

Adúriz-Bravo, A. (2007). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. UNESCO. http://www.educared.pe/modulo/upload/13007762_2.pdf

Bunge, M. (1985). *La investigación científica*. España, Ariel.

Cartier, J. (2000). Assessment of explanatory models in genetics: insights into students' conceptions of scientific models. *University of Wisconsin-Madison*, 98(1) <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>

Coll, R. K.; France, B. y Taylor, I. (2006). El papel de los modelos y analogías en la educación en Ciencias: implicaciones desde la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (1), 160-162.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.

Felipe, A.; Gallarreta, S. y Merino, G. (2006). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37 (6). Madrid, OEI <http://www.rieoei.org/1233.htm>

Gilbert, J. K. (1997). *Exploring models and modelling in science and technology education*. Reading, The New Bulmershe Papers.

Gilbert, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.

Glynn, S. y otros. (1991). *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ, Erlbaum.

González, B. M. (2005). El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(2). Madrid, OEI. <http://www.rieoei.org/1080.htm>

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 Coll, R. (2008). *Using analogies in middle and secondary science classrooms*. California, Corwin Press.

Harrison, A. y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1011-1026.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

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.

- Oliva, J. M.; Aragón, 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. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 20(1), 55-60.
- Raviolo, A. y Garritz, A. (2007). Uso de analogías en la enseñanza de la química: necesidad de elaborar decálogos e inventarios. *Alambique*, 51, 28-39.
- Raviolo, A.; Ramírez, P. y López, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 581-612.
- 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.
- Treagust, D.; Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2007). La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (2), 364-366.
- Van Driel, J. y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

Andrés Raviolo

Ingeniero (U. N. de la Patagonia), Profesor en Química (U. N. del Comahue) y Doctor por la Universidad Complutense de Madrid en el programa de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Se desempeña actualmente como profesor Titular de Química General en la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro y en el Centro Regional Bariloche de la U. N. del Comahue.

Es director del proyecto de investigación: "Modelos científicos y modelos enseñados" y coordinador de la filial Patagonia de la Asociación de Docentes de Química de la República Argentina ADEQRA.

Sus temas de interés son: Didáctica de las Ciencias, Diseño Curricular, Formación Docente, Enseñanza en la Universidad, Enseñanza de la Química. Sobre los cuales es autor de informes, artículos en revistas nacionales e internacionales, presentaciones en congresos y actividades de capacitación y divulgación.

Dirección postal: CRUB. Quintral 1250. Bariloche. 8400. Río Negro. Argentina.

Dirección electrónica: araviolo@bariloche.com.ar

Tel: 02944 461998

