



Revista Eureka sobre Enseñanza y
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la
Ciencia: EUREKA
España

Torres, Joana; Vasconcelos, Clara

Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores
sobre modelos

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 14, núm. 1, 2017, pp.
181-198

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92049699014>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos

Joana Torres^{1a} y Clara Vasconcelos^{1b*}

¹Instituto de Ciências da Terra. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território.

Unidade de Ensino das Ciências. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Portugal.

^ajoana.torres@fc.up.pt, ^bcvascon@fc.up.pt - *autora de contato

[Recibido en noviembre de 2015, aceptado en septiembre de 2016]

Diversos estudios ponen de manifiesto que el uso de modelos y el recurso a actividades de modelización son fundamentales en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, también son varios los estudios que demuestran que los profesores de ciencias no revelan visiones adecuadas sobre los modelos en la ciencia y para la enseñanza de las ciencias. Este estudio, parte integrante de un proyecto más amplio, pretende presentar un instrumento (en forma de cuestionario) fundado en bases teóricas sólidas, desarrollado para analizar las visiones de los profesores sobre modelos y modelización. El instrumento se aplicó a diecisiete futuros profesores de ciencias, estudiantes del máster en enseñanza de la Biología y la Geología, quienes participaron de manera voluntaria en este estudio. El acuerdo entre los evaluadores y los datos de las entrevistas se usaron para validar el instrumento. Los resultados de los análisis muestran que el instrumento es capaz de revelar diferencias entre las visiones de los profesores y, que es posible llegar a un análisis profundo acerca de sus visiones sobre modelos en la ciencia y para la enseñanza a través del análisis conjunto de los datos (obtenidos por medio de las respuestas a los cuestionarios y a las entrevistas). El análisis de los datos da a conocer también que los futuros profesores de ciencias tienen visiones ingenuas sobre los modelos y que no valoran todas las potencialidades de los mismos en la enseñanza de las ciencias, sugiriendo la necesidad de mejorar sus visiones sobre estos aspectos.

Palabras claves: Modelos; Modelización; Visiones de futuros profesores de ciencias; Cuestionario, Validación.

Development and validation of an instrument for analysing teachers' views about models

Many studies reveal that models and modelling activities are fundamental in science teaching. However, there are also many studies that show that science teachers do not hold adequate views regarding models in science and for teaching. This study is part of a broader research and intends to present a theoretically grounded instrument (a questionnaire) developed for analysing the teachers' views about models and modelling. The instrument was applied to seventeen prospective science teachers, students of the master in Biology and Geology Teaching, which voluntarily participated in this study. Inter-rater agreement and data from interviews were used in order to validate the instrument. The result of the analysis show that the instrument is able to reveal differences among teachers' views and that it is possible to attain a deep analysis of their views regarding models in science and for teaching through the combined analysis of data (obtained through questionnaires and interviews). Data analysis also reveals that prospective science teachers hold naïve views regarding models and that they do not value all models potentials in science teaching, suggesting the need for improving prospective teachers' views regarding those aspects.

Keywords: Models; Modelling; Prospective Science Teachers' views; Questionnaire, Validation.

Para citar este artículo: Torres, J. y Vasconcelos, C. (2017). Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 181-198. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18855>

Introducción

Aunque los modelos científicos sean muy diversos y presenten diferentes definiciones, su relevancia para el progreso del conocimiento científico es innegable. De hecho, si se pretende que los alumnos desarrollos no solo su conocimiento científico sino también sus capacidades investigativas y la comprensión de cómo la ciencia se procesa, se hace esencial el recurso a los

modelos en las clases de ciencias. Sin embargo, para que se usen modelos de forma adecuada en las clases de ciencias, es necesario que los profesores entiendan todas sus potencialidades (Oh y Oh, 2011) y su contribución en el desarrollo cognitivo, epistemológico y en el desarrollo de destrezas científicas de sus alumnos.

A pesar de toda la importancia concedida actualmente a los modelos en la enseñanza de las ciencias, algunos estudios ponen de manifiesto que los alumnos, e incluso los profesores, no revelan un conocimiento adecuado sobre modelos en la ciencia y para la enseñanza de las ciencias (Khan, 2011). En efecto, los profesores no suelen usar modelos y desarrollar actividades de modelización en las clases de ciencias, ni tan poco son conscientes de todo su potencial. De este modo, consideramos relevante mejorar las visiones de los profesores y de los futuros profesores de ciencias sobre modelos para que estén en la capacidad de utilizar todas sus potencialidades.

Este trabajo hace parte de un estudio más amplio que pretende mejorar las visiones de los futuros profesores de ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, enfatizando la naturaleza de los modelos en la ciencia y para la enseñanza de las ciencias. De hecho, para que se consiga evaluar el mejoramiento de las visiones de futuros profesores de ciencias de estos aspectos, desarrollamos dos cuestionarios - uno que evalúa las visiones sobre la naturaleza de la ciencia (Torres y Vasconcelos, 2016) y otro las visiones sobre los modelos. Con este trabajo, pretendemos validar el cuestionario sobre modelos y modelización para aplicárselo a futuros profesores portugueses de ciencias, así como examinar sus visiones sobre los modelos en el final de la componente curricular de su máster en Enseñanza de las Ciencias (Biología y Geología).

Marco teórico

A continuación, presentamos los principales conceptos orientadores de este trabajo, o sea, el concepto de *modelo científico* y el concepto de *modelo en la enseñanza de las ciencias*.

Los modelos científicos

Los modelos científicos son extremadamente importantes en la actividad científica, siendo considerados las herramientas de representación primarias en las ciencias (Giere, 2004). De hecho, Chamizo (2013) afirma que una de las principales actividades de los científicos es evaluar qué modelos se ajustan mejor a las evidencias disponibles, buscando la explicación más plausible para un cierto fenómeno (Chamizo, 2013; Driver, Newton y Osborne, 2000).

A pesar de las innumerables definiciones de modelos científicos y de la diversidad de tipos de modelos científicos existentes, podemos decir, en términos globales, que un modelo científico es una representación de determinados aspectos del mundo, de acuerdo con un objetivo específico (Chamizo, 2010; Chamizo, 2013; Giere, 2010). Así, el modelo es una representación intencional y simplificada, ya que resulta de la intención, interpretación y conocimiento del científico. Teniendo en consideración la concepción intencional de la representación científica de Giere (2010), se hace evidente que existan modelos múltiples para estudiar diferentes aspectos del mismo sistema, ya que el científico selecciona los aspectos que pretende estudiar. Del mismo modo, también pueden existir diferentes modelos para estudiar el mismo aspecto del mundo, porque los científicos pueden tener ideas diferentes y pueden socorrerse de recursos distintos para construirlos (Oh y Oh, 2011).

Los modelos científicos tienen un papel relevante en la progresión del conocimiento científico, siendo usados en la descripción, explicación y previsión de fenómenos. Estos son también

considerados recursos visuales fundamentales, ya que ayudan en la comprensión y en la comunicación del conocimiento (Oh y Oh, 2011).

Sin embargo, los modelos tienen especificidades propias, de acuerdo con el área científica de estudio. Por ejemplo, Sibley (2009) destaca la importancia de los modelos en la Geología para el establecimiento de inferencias sobre eventos pasados. Los modelos y la modelización también son considerados muy importantes en la Biología (Krell y Krüger, 2015), siendo pertinente destacar la relevancia de los organismos modelo en la investigación biomédica y en la investigación biológica básica (Ankeny, 2007; Hubbard, 2007).

Los modelos en la enseñanza de las ciencias

Teniendo en consideración la relevancia de los modelos en la actividad científica, nos parece fundamental la inclusión de modelos y de actividades de modelización en las clases de ciencias, de forma a reflexionar sobre la actividad de los científicos. En realidad, son varios los autores que defienden el uso de modelos y de actividades de modelización en las clases de ciencias. Por ejemplo, Halloun (2007), en un estudio con alumnos de educación secundaria y superior, verificó que la construcción de modelos promueve un mejor desarrollo conceptual; un mejor desempeño en los exámenes; el desarrollo de concepciones adecuadas de la naturaleza de la ciencia; un aprendizaje más equitativo; el desarrollo de competencias de investigación y de estilos de aprendizaje estables. Pujol y Márquez (2011) destacan la relevancia de la construcción de modelos en las clases de ciencias por los alumnos en el desarrollo de procesos de autorregulación, posibilitando el reconocimiento de su aprendizaje, de sus errores y evolución y la capacidad de decidir los pasos a seguir para mejorar su proceso de aprendizaje. Koponen y Tala (2014) también consideran que los modelos son fundamentales en la educación en ciencias, subrayando su relevancia en el desarrollo de visiones adecuadas de ciencia, en el desarrollo de la creatividad y en la construcción del conocimiento científico.

En efecto, los modelos son muy importantes para que los alumnos desarrollen modelos mentales adecuados, ya que las representaciones visuales facilitan la argumentación de los alumnos y el pensamiento con sus representaciones mentales. Además, los modelos permiten que los alumnos desarrollen competencias de investigación y que comprendan aspectos distintos de la naturaleza de la ciencia, incluso la importancia de los modelos en la ciencia (Torres y Vasconcelos, 2015; Torres y Vasconcelos, *in press*). Gilbert y Ireton (2003) refieren que el uso de modelos es también importante para el reconocimiento, que es poco probable que sepamos todo lo que hay que saber sobre el mundo que habitamos.

Dada la relevancia de los modelos en la ciencia y en la enseñanza de las ciencias, Oh y Oh (2011), basados en una revisión teórica de la literatura, resaltan 5 aspectos sobre modelos que los profesores de ciencias deben saber:

- (i) *Significado de modelo* (como representación de un aspecto de la realidad, sirviendo como un mediador conectando una teoría y un fenómeno);
- (ii) *Propósito del modelo* (un modelo científico describe, explica y prevé aspectos de la realidad, siendo importante en la comunicación de ideas científicas a los demás);
- (iii) *Multiplicidad de los modelos* (son necesarios varios modelos para explicar un fenómeno, ya que cada uno de los modelos científicos representa aspectos específicos del mismo. Además, pueden existir modelos múltiples como consecuencia de diferentes ideas de los científicos y de los diferentes recursos usados);
- (iv) *Cambio en los modelos* (los modelos científicos cambian de conformidad con la evolución del conocimiento científico);
- (v) *Uso de los modelos en las clases de ciencias* (los profesores pueden explicar conocimiento complejo con modelos, pero los alumnos también pueden tener un papel activo).

Así, en este trabajo el modelo científico es considerado como una representación simplificada, intencional, provisoria y no exclusiva de la realidad (objeto, proceso o idea), y no como una copia de la misma. Además, el modelo científico es reconocido como fundamental en la construcción del conocimiento científico, permitiendo describir, explicar y prever diferentes aspectos de la realidad.

Respecto a la enseñanza de las ciencias, es importante destacar que los modelos usados en las clases de ciencias son simplificaciones de los modelos científicos, que generalmente son muy complejos. El uso de estas simplificaciones ayuda a los alumnos a desarrollar el conocimiento científico, teniendo como punto de partida su conocimiento (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003; Justí, 2006). En relación a este tema, Justí (2006) distingue modelos curriculares de modelos para la enseñanza. Mientras que los modelos curriculares son simplificaciones adecuadas de los modelos científicos, los modelos para la enseñanza son representaciones que ayudan a los alumnos a entender algún aspecto particular de un modelo curricular. Del mismo modo, es pertinente referir que la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias se relaciona no solo con el desarrollo de conocimiento científico de los alumnos, sino también con el desarrollo de capacidades investigativas y de visiones adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia. De hecho, es importante que los profesores de ciencias valoren todas estas potencialidades a través del uso y construcción de modelos, sin olvidar las limitaciones inherentes de los modelos. Es igualmente importante que los profesores comprendan que para que los alumnos construyan modelos, son necesarias tres condiciones fundamentales: (i) conocer lo máximo posible sobre ese aspecto del mundo; (ii) seleccionar los aspectos importantes de acuerdo con el propósito; y (iii) tener imaginación y creatividad (Chamizo, 2013).

A pesar de toda la relevancia concedida a los modelos en la enseñanza de las ciencias, Raviolo, Ramírez y López (2010) afirman que los alumnos no revelan visiones adecuadas sobre lo que “son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones” (p. 593). Incluso los profesores presentan visiones limitadas sobre el papel de los modelos en la ciencia y en la enseñanza de las ciencias (Gutierrez y Pintó, 2009; Danusso, Testa y Vicentini, 2010; Khan, 2011; Krell, Upmeier zu Belzen y Krüger, 2012). Además, se verifica que los profesores de ciencias no recurren a la modelización de forma sistemática (Danusso, Testa y Vicentini, 2010; Khan, 2011) y cuando lo hacen, no aprovechan todas las potencialidades de los modelos, es decir, apenas los utilizan en la comprensión de conceptos científicos (Khan, 2011; Krell y Krüger, 2015; Raviolo *et al.*, 2010). En un estudio con profesores de Biología, Química y Física, Van Driel y Verloop (1999) concluyeron que los profesores tenían un conocimiento limitado e inconsistente sobre modelos. Justí y Gilbert (2002) en un estudio con profesores de ciencias brasileños también indican que los profesores no tenían un conocimiento profundo sobre modelos, valorando el papel de los modelos en el aprendizaje de las ciencias, pero sin valorar su papel en el aprendizaje sobre ciencia, es decir sobre la naturaleza de la ciencia. Estos autores también se refieren a que muchos profesores no prestan atención a las ideas de sus alumnos sobre modelos.

Teniendo en cuenta la relevancia dada actualmente a la comprensión de la naturaleza de la ciencia (que obviamente incluye la naturaleza de los modelos) y a la participación activa de los alumnos en actividades de modelización (permitiendo que estos desarrollen una diversidad de capacidades fundamentales, ya previamente mencionadas), consideramos pertinente que se desarrollen actividades de modelización en las clases de ciencias. De este modo, consideramos fundamental que los profesores de ciencias comprendan qué son los modelos científicos y los modelos para la enseñanza de las ciencias y principalmente que comprendan su importancia en la enseñanza de las ciencias, para usarlos de forma eficaz.

De hecho, este estudio tiene un propósito doble. El principal objetivo de este estudio es validar el cuestionario sobre modelos y modelización para que sea aplicado a futuros profesores portugueses de ciencias. Además, pretendemos obtener algunos indicadores acerca de sus visiones sobre los modelos en el final del componente curricular de su máster en Enseñanza de las Ciencias (Biología y Geología).

Metodología

Contexto y muestra

En este trabajo realizamos un cuestionario e hicimos una entrevista a los futuros profesores de ciencias (Biología y Geología) al final de la parte curricular de su máster, en el ámbito de la asignatura Didáctica de la Geología. En ese momento, los estudiantes estaban terminando la parte curricular de su máster y tendrían que realizar su práctica profesional al año siguiente.

Diecisiete futuros profesores de ciencias, estudiantes del máster en enseñanza de la Biología y la Geología, participaron, de manera voluntaria, en este estudio. La muestra del estudio estaba formada por 14 futuros profesores del sexo femenino, con edades comprendidas entre los 21 y 48 años (media = 24.8 y moda = 22), y 3 del sexo masculino, todos con 25 años. Estos estudiantes tenían un grado en Biología - que incluía un total de 50 ECTS (*European Credits Transfer System* - Sistema Europeo de Transferencia de Créditos) de asignaturas de Geología - o un grado en Geología (que incluía un total de 50 ECTS de asignaturas de Biología) y estaban terminando la parte curricular de su máster en Enseñanza de Biología y Geología. En efecto, después de los acuerdos de Bolonia, para dar clases de Biología y Geología en la educación secundaria obligatoria y en el bachillerato, los estudiantes tienen que tener un grado en Biología (con formación complementaria en Geología) o en Geología (con formación complementaria en Biología) y un máster en Enseñanza de Biología y Geología. Los grados de Biología o Geología se divide en tres cursos académicos distribuidos en seis semestres, mientras que el máster se divide en dos cursos académicos (el primero está enfocado a la parte curricular y el segundo se centra en la práctica profesional en las escuelas).

Fuentes de datos

Para evaluar a los futuros profesores de ciencias respecto a sus visiones acerca de modelos en la ciencia y para la enseñanza de las ciencias, así como sus concepciones sobre el uso de los modelos en las clases de ciencias, desarrollamos un cuestionario después de un análisis exhaustivo de artículos científicos relevantes (Justi y Gilbert, 2002, 2003; Jee *et al.*, 2010; Oh y Oh, 2011; Chamizo, 2013). Este cuestionario, formado por preguntas de respuesta abierta, tuvo como base estos artículos y los conceptos que orientan la evolución de este trabajo, descritos anteriormente en el marco teórico. La primera parte del cuestionario ([Apéndice A](#) – desde la pregunta 1 hasta la 8) pretende evaluar las visiones sobre los modelos científicos en la ciencia (su concepto y sus propósitos) y para la enseñanza de las ciencias (su importancia en la enseñanza de las ciencias y sus características). La segunda parte del cuestionario ([Apéndice A](#) – desde la pregunta 9 hasta el final) pretende evaluar las concepciones sobre el uso de modelos en las clases de ciencias y los cuidados a tener en su uso. Se construyeron guías de entrevistas (aplicadas posteriormente a los cuestionarios), solicitando explicaciones y aclaraciones de las respuestas y algunas informaciones adicionales (algunos ejemplos facilitados en [Apéndice B](#)).

Procedimientos

Los cuestionarios, en soporte de papel, se administraron por un elemento del equipo de investigación en una clase de la asignatura Didáctica de la Geología, al final de la parte curricular de su máster (los estudiantes realizarían su práctica profesional al año siguiente).

Aunque no se haya establecido un límite de tiempo, los estudiantes tardaron cerca de 25 minutos para llenar el cuestionario. Posteriormente, 9 estudiantes (52.9%) aceptaron participar en las entrevistas, 7 del sexo femenino (con media de edades de 22,1 años) y dos del sexo masculino, los dos con 25 años. En las entrevistas, a los estudiantes, que tenían sus cuestionarios (previamente cumplimentados), se les pidió que leyesen sus respuestas y que explicasen, profundizasen y justificasen las respuestas dadas y aclarasen algunas ideas o expresiones que suscitaban dudas.

Las preguntas de los cuestionarios y de las entrevistas fueron seleccionadas de acuerdo a nuestros objetivos y de acuerdo a la revisión de literatura efectuada. Por ejemplo, parte de las preguntas fueron adaptadas de los trabajos de Justi y Gilbert (2002, 2003) y de Danusso, Testa y Vicentini (2010) y otras fueron añadidas por los autores (Tabla 1).

Tabla 1. Fuente de datos para la elaboración del cuestionario.

Cuestión(es)	Fuente de datos
1	Adaptado de Danusso <i>et al.</i> (2010).
2	Adaptado de Danusso <i>et al.</i> (2010) y Justi y Gilbert (2003).
3	Añadida por los autores, basada en el trabajo de Oh y Oh (2011).
4	Añadida por los autores, basada en los trabajos de Oh y Oh (2011) y Justi y Gilbert (2003).
5, 8, 9, 10, 12 e 13	Adaptado de Justi y Gilbert (2002).
6	Añadida por los autores, basada en los trabajos de Justi (2006) y Justi y Gilbert (2002).
7	Añadida por los autores, basada en los trabajos de Chamizo (2013).
11	Añadida por los autores, basada en los trabajos de Justi y Gilbert (2002).
14	Añadida por los autores, para comprender la influencia de las clases en sus visiones sobre modelos.

Aunque muchas preguntas hayan ya sido utilizadas en estos cuestionarios, quisimos validar el cuestionario para el contexto portugués. De hecho, la construcción del cuestionario se basó en un análisis de contenido de publicaciones especializadas (ya mencionadas anteriormente). Además, este fue también validado por dos especialistas en enseñanza de las ciencias. A tal efecto, los dos especialistas llenaron el cuestionario, respondiendo a lo que queríamos analizar y conforme a lo que es defendido en los estudios científicos actuales, apoyando así la validez del cuestionario (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002). Los dos especialistas respondieron igualmente en momentos distintos (con un intervalo de tres meses) y respondieron de forma idéntica a los dos cuestionarios (es decir, el análisis de sus respuestas resultó idéntica, revelando visiones idénticas), contribuyendo a garantizar la fiabilidad del cuestionario.

Como los especialistas respondieron a lo que queríamos analizar, de acuerdo con lo defendido actualmente, y las respuestas fueron consistentes a lo largo del tiempo, el cuestionario fue posteriormente aplicado a 16 futuros profesores, como un estudio de seguimiento para garantizar la validez y fiabilidad del instrumento. Así, para comprobar que el cuestionario mide lo que pretendemos, analizamos las respuestas para verificar si los estudiantes responden a los aspectos previamente definidos (tabla 2). El análisis de la primera parte del cuestionario se encuentra en la tabla 3. Con las entrevistas hechas posteriormente, que permiten obtener una comprensión más clara de las visiones de los participantes (acerca de la naturaleza de los modelos científicos y su importancia en la enseñanza de las ciencias), fue posible garantizar la validez y la fiabilidad del cuestionario en el contexto donde es utilizado (Lederman *et al.*, 2002).

(a través de la comparación del análisis de las respuestas dadas en la entrevista con el análisis de los investigadores a las respuestas dadas en el cuestionario). Estos análisis se hicieron por separado y después se analizaron las discrepancias (Torres y Vasconcelos, 2016). Esto significa que, después de analizar los datos de los cuestionarios y de las entrevistas de forma independiente, se compararon los resultados obtenidos para las diferentes dimensiones de análisis definidas, analizándose el grado de congruencia. Así es posible reafirmar la fidelidad del cuestionario al comparar el análisis hecho a partir de los cuestionarios y de las transcripciones de las entrevistas y obteniéndose un grado de congruencia elevado. Además, los datos obtenidos a partir de las entrevistas generalmente ayudan a alcanzar el consenso.

A partir de los análisis, surgieron algunos aspectos interesantes en respuestas de algunos estudiantes, por lo que se consideró útil añadir algunas cuestiones sencillas, pero más específicas, para permitir analizar esos aspectos específicos con mayor profundidad. El cuestionario final fue aplicado a uno de los estudiantes que pertenecía al grupo inicial pero no había participado anteriormente. Como las preguntas eran sencillas y se obtuvo fácilmente una comprensión de su visión relativamente a los aspectos en cuestión, concluimos que se podrían añadir estas cuestiones al cuestionario final.

Posteriormente, se analizaron los datos a fin de obtener una comprensión de las visiones de los estudiantes (futuros profesores) sobre modelos. Para esto, usamos esencialmente los datos obtenidos a través de los cuestionarios, para garantizar la consistencia del análisis, ya que sólo algunos estudiantes participaron en las entrevistas. Las visiones de los futuros profesores fueron clasificadas en categorías diferentes: “*visiones ingenuas*”, cuando las visiones de los futuros profesores no corresponden a las visiones actualmente defendidas; “*visiones informadas*”, cuando sus visiones se asemejan a las visiones actualmente defendidas; y “*sin información*”, cuando los estudiantes no mencionaron el aspecto bajo consideración (tabla 2).

Tabla 2. Aspectos evaluados y sus categorías.

Aspectos evaluados	Categorías	
	Visiones informadas	Visiones ingenuas
Concepto de modelo científico	Como una representación de la realidad.	El modelo como una copia de la realidad. El modelo como una herramienta para usar en la escuela.
Propósitos de los modelos científicos	Los modelos son fundamentales para la construcción del conocimiento científico. Sirven para describir, y explicar, pero también para prever.	Los modelos son usados solo para describir o explicar aspectos de la realidad.
Importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias	Además de promover la comprensión del conocimiento científico, los modelos promueven la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el desarrollo de capacidades investigativas.	Los modelos son usados en las clases de ciencias solo para promover la comprensión del conocimiento científico.
Diferencias entre modelos científicos y modelos para la enseñanza de las ciencias	Los modelos para la enseñanza de las ciencias son más simples que los modelos científicos.	Los modelos para la enseñanza de las ciencias deben ser iguales a los modelos científicos.

El análisis de la segunda parte del cuestionario se desarrolló de forma muy similar a la de la primera. Para los aspectos analizados también se analizaron de un modo separado las

respuestas dadas a los cuestionarios y a las entrevistas (siendo las discrepancias posteriormente analizadas). A continuación, analizamos las concepciones de los estudiantes sobre el uso de modelos en las clases de ciencias, recurriendo también a los datos de los cuestionarios. Con este último análisis es posible comprender mejor las visiones de los estudiantes sobre el uso de los modelos en las clases de ciencias, pero también (y principalmente) comprender qué aspectos de los modelos son valorados y qué guiará sus opciones en el uso de modelos en las clases de ciencias.

Resultados

Los estudiantes, futuros profesores de ciencias, no tuvieron dificultades para llenar el cuestionario, contestando a casi todas las preguntas (solo uno no respondió a una pregunta).

Primera parte del cuestionario

En relación a la primera parte del cuestionario y a través del análisis de la tabla 3, se verifica que la mayoría de los estudiantes enfocó los aspectos evaluados, o sea, ha sido posible clasificar sus visiones de acuerdo con las diferentes dimensiones de análisis definidas. Solo tres estudiantes no enfocaron el concepto de modelo científico (sus respuestas fueron tan poco claras, que no ha sido posible clasificar sus visiones a través de sus respuestas en el cuestionario) y solo uno no dio información sobre los propósitos de los modelos científicos. Sin embargo, a través del análisis de las entrevistas, se verifica que los estudiantes enfocaron los aspectos que faltaban, es decir, a través de las respuestas a las entrevistas ha sido posible clasificar sus visiones y clarificar algunos aspectos (Tabla 4). De manera general, las cuestiones fueron comprendidas por los estudiantes y desencadenaron respuestas que traducen diferentes visiones (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de las respuestas dadas a los cuestionarios (primera parte – n=17).

Aspectos evaluados \ Categorías	Sin información	Visiones informadas	Visiones ingenuas
	n (%)	n (%)	n (%)
Concepto de modelo científico	3 (17.6)	11 (64.7)	3 (17.6)
Propósitos de los modelos científicos	1 (5.9)	4 (23.5)	12 (70.6)
Importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias	---	6 (35.3)	11 (64.7)
Diferencias entre modelos científicos y modelos para la enseñanza de las ciencias	---	17 (100)	---

Son pocos los resultados discrepantes que se obtienen, comparando los resultados obtenidos a través del análisis de los cuestionarios y a través de las entrevistas (Tabla 4). Además, las tres visiones discrepantes obtenidas en el primer aspecto resultan de falta de información sobre el aspecto evaluado en el cuestionario (categoría sin información). Sin embargo, se verificó que, con las entrevistas, fue posible evaluar la visión de estos tres estudiantes sobre modelos científicos. De hecho, estas tres visiones discrepantes corresponden a tres estudiantes que en

el cuestionario no facilitaron información suficiente para concluir acerca de sus visiones sobre el concepto de modelo científico (fueron evaluadas como “sin información”) y en la entrevista añadieron información, siendo posible concluir acerca sus visiones (las discrepancias en la tabla 4 resultan de resultados distintos a partir del análisis de los cuestionarios y de las entrevistas).

El segundo aspecto evaluado fue el que causó más discrepancias (5). Pero una de ellas también se debe a que un estudiante no enfocó este aspecto en el cuestionario, siendo posible evaluar su visión a través de la entrevista. Las restantes discrepancias (4) están relacionadas con el hecho de que las respuestas en las entrevistas son más amplias (garantizando un análisis más profundo) y también con el cambio de opinión de los estudiantes. Por ejemplo, a este respecto, uno de los estudiantes, al comparar la respuesta dada en el cuestionario con la respuesta dada en la entrevista, reconoce que la ha alterado un poco, añadiendo más información:

“Efectivamente, yo he añadido un dato, porque había contestado en términos de clases y, pues, he añadido...” (Entrevista del respondiente 6 - En6)

Del análisis del tercer aspecto, surgió una discrepancia que se debe también a respuestas con diferentes grados de profundidad. No obstante, se verifica que las respuestas dadas a las entrevistas completan las respuestas dadas a los cuestionarios, permitiendo un análisis conjunto de los datos. De este análisis, resulta que es posible destacar la importancia que las entrevistas tienen como complemento para analizar las visiones de los estudiantes.

Tabla 4. Análisis de las respuestas dadas a las entrevistas y discrepancias obtenidas (primera parte - n=9).

Aspectos evaluados	Categorías			
	Sin información n (%)	Visiones informadas n (%)	Visiones ingenuas n (%)	Discrepancias n (%)
Concepto de modelo científico	---	7 (77.8)	2 (22.2)	3 (33.3)
Propósitos de los modelos científicos	---	5 (55.6)	4 (44.4)	5 (55.6)
Importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias	---	2 (22.2)	7 (77.8)	1 (11.1)
Diferencias entre modelos científicos y modelos para la enseñanza de las ciencias	---	9 (100)	---	0

Relativamente a las visiones de los estudiantes, la mayoría considera que el modelo es una representación de diferentes aspectos de la realidad:

“Un modelo científico es una representación simplificada de la realidad que tiene como finalidad permitir una mejor comprensión de la misma, probar hipótesis y/o prever acontecimientos”. (Cuestionario del encuestado 3 – Cu3)

Sin embargo, 3 de los estudiantes apenas atribuyen importancia a los modelos por su carácter educacional. Así, los modelos son considerados apenas recursos educacionales, no se hace ninguna referencia a su utilidad en la actividad científica:

“Un modelo es una tentativa de explicar un cierto fenómeno. (...) Estos modelos tienen como finalidad explicar la realidad en una manera comprensible al público en general. Ellos se usan para sensibilizar al público en general o a las personas más jóvenes, para intentar que las personas cambien mentalidades o ideas”. (Cu4)

Además, analizando las visiones sobre los propósitos de los modelos científicos, se verifica que la mayoría de los estudiantes destaca apenas su utilidad para describir la realidad:

“Las principales funciones de los modelos científicos son intentar explicar la realidad de una forma más sencilla y fácil de entender, para que la información llegue al público en general.” (Cu4)

Danusso *et al.* (2010) en un estudio con futuros profesores, también revelan que la mayoría considera que los modelos son utilizados esencialmente para hacer el fenómeno más comprensible. Solo cuatro estudiantes muestran una visión más amplia sobre este aspecto en los cuestionarios, atribuyendo importancia a los modelos para la construcción del conocimiento científico:

“Los modelos científicos son usados para: (i) representar la realidad para facilitar la comprensión de los alumnos; (ii) prever diversos fenómenos – ejemplo: modelos predictivos de la distribución de las especies; (iii) probar hipótesis – modelos matemáticos para probar diferentes escenarios evolutivos.” (Cu3)

Por consiguiente, los estudiantes también revelan una visión limitada sobre la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias, subrayando apenas su valor en la comprensión de conocimiento científico (en el aprendizaje *de la ciencia*):

“Los modelos pueden ser usados durante las clases, producidos por los profesores o por los alumnos, y son importantes porque pienso que facilitan la comprensión del conocimiento. Sí, yo considero importante [que los alumnos construyan modelos] porque es posible acceder a las concepciones de los alumnos sobre determinado asunto y pienso también que ayuda a la consolidación del mismo.” (Cu5)

Estos resultados se asemejan a los resultados obtenidos por Justi y Gilbert (2002), quienes indican que los modelos son utilizados de forma limitada (casi exclusivamente para el aprendizaje de las ciencias).

Apenas 6 estudiantes demuestran una visión más amplia respecto a la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias, señalando no sólo su valor en la comprensión de conocimiento científico, sino también su valor en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y/o en la promoción del desarrollo de capacidades investigativas:

“[Los modelos] son aplicaciones fundamentales en la enseñanza de las ciencias, porque promueven el razonamiento científico. (...) La concepción del modelo envuelve consolidación del conocimiento conceptual y el entendimiento de la parte procedural. (Cu1)

“[Los modelos son importantes en la enseñanza de las ciencias] para representar realidades complejas que así se vuelven mejor comprendidas por los alumnos, para probar hipótesis generadas en contexto «inquiry based learning» y para prever acontecimientos, demostrando las aplicaciones de la ciencia para la sociedad. (...) La construcción de modelos es un componente muy importante para el proceso de producción del conocimiento científico.” (Cu3)

Respecto a las diferencias entre modelos científicos y modelos en la enseñanza de las ciencias, y también de acuerdo con Justi y Gilbert (2002), todos los estudiantes consideran que estos deben ser diferentes:

“Los modelos usados en la ciencia son, muchas veces, complejos e implican explicaciones científicas muy elaboradas. Así, los modelos usados en la enseñanza no deben ser muy diferentes de aquellos usados en la ciencia, pero deben tener en cuenta algunas simplificaciones necesarias para que sea posible su aplicación en la escuela.” (Cu13)

Durante el análisis de los cuestionarios surgieron algunos aspectos sobre los modelos que consideramos importante analizar (presentes en un número reducido de las respuestas). Por ejemplo, solo el estudiante 1 se refirió al carácter provisional de los modelos científicos:

“Un modelo científico se fundamenta en una teoría o ley (...). De manera característica podrá ser provisorio.” (Cu1)

De este modo, consideramos pertinente plantear cuestiones más específicas y añadimos algunas cuestiones al cuestionario inicial (preguntas 3, 4 y 7 del cuestionario final – [apéndice A](#)) y a la guía base de la entrevista (preguntas 7, 8 y 9 de la guía final – [apéndice B](#)). Las preguntas de las entrevistas se refieren a dos aspectos de los modelos que no aparecen mencionados en los cuestionarios. De este modo, se pretende que los estudiantes hagan referencia a lo que es representado por un modelo y a la multiplicidad de los modelos de forma indirecta. Las preguntas en la entrevista servirán esencialmente para profundizar las visiones de los estudiantes y, en caso de que los estudiantes no hagan referencia a esos aspectos, para evaluar su visión acerca de ellos.

Solo uno de los estudiantes contestó a todas esas preguntas, porque fue posible su participación en el estudio en una fase posterior (durante su práctica profesional en la escuela). Con el análisis conjunto de las respuestas dadas a las nuevas preguntas del cuestionario y de la entrevista fácilmente se obtuvo una comprensión de su visión relativamente a lo que puede ser representado por un modelo, al carácter múltiple y provisional de los modelos, su relación con las teorías y a las capacidades que los alumnos necesitan para producir modelos.

Segunda parte del cuestionario

En la segunda parte del cuestionario evaluamos las concepciones de los estudiantes sobre el uso de modelos en las clases de ciencias. Se verificó que, en general, los estudiantes enfocaron los aspectos pretendidos, dando sus opiniones sobre el uso de modelos en las clases de ciencias y el uso que puede conllevar más dificultades. Con relación a estos dos aspectos, fue posible analizar la visión de todos los estudiantes, siendo pocos los resultados discrepantes (apenas 1 en el análisis del uso de modelos en las clases de ciencias y 3 en el análisis del uso que puede conllevar más dificultades), al comparar los resultados obtenidos a través del análisis de los cuestionarios y a través de las entrevistas.

Del mismo modo, todos los estudiantes presentaron sus concepciones sobre los cuidados a tener con el uso de modelos y sobre las características de un buen modelo para la enseñanza de las ciencias. Con el análisis de los datos de las entrevistas, fue posible completar el análisis de los datos de los encuestados. Además, la segunda parte del cuestionario, es también importante porque permite que los estudiantes, cuando justifiquen sus opciones, revelen sus opiniones sobre modelos. Por ejemplo, se verificó que cuando se les preguntaba sobre el modo de usar modelos en las clases, estos no valoraran la importancia de los modelos en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y en la promoción del desarrollo de capacidades investigativas (ver abajo).

En relación al modo de usar modelos en las clases, se observa que los estudiantes consideran que es importante no solo mostrar los modelos a los alumnos sino también darles la oportunidad a los alumnos de construir modelos. Solo un estudiante opta, en el cuestionario, apenas por una de las opciones (dar la oportunidad a los alumnos de construir modelos). Sin embargo, en la entrevista, él señala que las dos son importantes, enfatizando la construcción de los modelos por los alumnos:

“Pienso que la parte más interesante es darles a los alumnos la oportunidad de construir modelos. Después de eso, podemos proponer a los alumnos que critiquen sus modelos y los modelos de sus colegas. (...) No obstante, pienso que también es interesante presentar a los alumnos modelos ya hechos para que los alumnos critiquen, prueben y manipulen el modelo.” (En9)

De hecho, con el análisis de la entrevista fue posible comprender mejor la visión de este estudiante, verificándose, una vez más, que los datos resultantes del análisis de la entrevista completan los datos obtenidos a través del análisis del cuestionario. Además, las entrevistas promueven más y mejores justificaciones de las opciones de los estudiantes.

En relación a las justificaciones del modo de usar modelos en las clases se verifica que las principales se relacionan con el tiempo, el equilibrio y el desarrollo de conocimiento conceptual. De nuevo se observa que los estudiantes no valoran la importancia de los modelos en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y en la promoción del desarrollo de capacidades investigativas:

“Es bueno presentar mi modelo para ayudar a los alumnos a comprender la materia. Por otra parte, es importante que ellos construyan sus modelos para ayudar a consolidar la información.” (Cu5)

La mayoría de los estudiantes considera que la producción de los modelos por parte de sus alumnos conlleva más dificultades (tabla 5):

“Pienso que construir el modelo es más difícil porque es una tarea más compleja. Para comprender un modelo es solo necesario comprenderlo. Por otra parte, es necesario construirlo y comprenderlo bien para producirlo bien.” (Cu5)

Tabla 5. Concepciones sobre el uso de modelos en las clases de ciencias (Dificultades)

Más Difíciloso	Fuentes de datos	Cuestionario	Entrevista	Discrepancias
	Concepciones	n (%)	n (%)	n (%)
	Comprensión de un modelo	2 (11.8)	2 (22.2)	
	Producción de su modelo	10 (58.8)	5 (55.6)	3 (33.3)
	Ambas opciones	5 (29.4)	2 (22.2)	

En relación a este tema y a las discrepancias resultantes del análisis de las respuestas dadas a los cuestionarios y a las entrevistas (tabla 5), se observa que los propios estudiantes admiten haber cambiado sus visiones, siendo posible comprender las discrepancias y analizar las respuestas:

Quizá alteré mi respuesta. Comprender un modelo a veces es más difícil que construirlo. (...) Eso puede ser mucho más difícil, comprender algo que alguien ha hecho. (...) Sí [mi visión] ha cambiado. (En11)

Sobre los cuidados a tener en cuenta en el uso de modelos en las clases de ciencias, solo 3 estudiantes mencionaron la importancia de alertar a los alumnos de la naturaleza y de las limitaciones de los modelos:

Es importante que los alumnos comprendan que un modelo es una representación simplificada de la realidad y las ventajas y limitaciones asociadas a ese proceso de simplificación. (Cu3)

En realidad, la mayoría de los estudiantes solo mencionó el cuidado de evitar el surgimiento de concepciones alternativas.

Relativamente a las características de un buen modelo, las destacadas por los estudiantes son: el rigor; la claridad; la simplicidad y la pertinencia:

Un buen modelo debe ser simple, para ser comprendido por el mayor número de alumnos posible. Debe ser simple, pero no debe tener errores científicos, ni tampoco estar construido de forma que generar confusiones. (Cu5)

Son pocos los estudiantes (17.6%) que indican que un buen modelo debe ser manipulable por los alumnos. Además, solo un estudiante justifica esta opción, indicando la importancia de los modelos en el desarrollo de capacidades investigativas.

De la misma forma que ocurrió en la primera parte del cuestionario, consideramos adecuado plantear una cuestión más específica sobre el modo más ventajoso de usar modelos en las clases de ciencias. De hecho, añadimos la cuestión 11 del cuestionario final ([apéndice A](#)), ya que solo 2 estudiantes hicieron referencia a este aspecto al llenar el cuestionario inicial:

“Los dos modos, dependiendo del objetivo y producto final pretendido (...) Sin embargo, pienso que es más ventajoso que los alumnos produzcan los modelos. (Cu16)

De manera similar a lo que ocurrió con la primera parte del cuestionario, solo un estudiante contestó a esa pregunta. Con el análisis conjunto de la respuesta dada a la pregunta 11 y la pregunta correspondiente en la entrevista, fue posible comprender de forma sencilla su visión relativamente a la opción que consideraba más ventajosa:

“La opción más ventajosa es la producción del modelo. El proceso de pensar en los materiales y en las diferentes maneras de representar permite a los alumnos comprender sus dificultades y como superarlas.” (Cu17)

“Yo pienso que es más ventajoso que el alumno construya su modelo, aunque sea más difícil. Pero el grado de dificultad permite que el alumno aprenda y evolucione más.” (En17)

La última pregunta del cuestionario se añadió al final de todo este proceso y, de forma similar a la última pregunta del cuestionario sobre la naturaleza de la ciencia, pretende analizar posibles cambios de las visiones de los estudiantes y sus causas.

Conclusiones y recomendaciones didácticas

Los resultados obtenidos soportan un elevado nivel de confianza en la validez y fiabilidad del cuestionario para analizar las visiones de los futuros profesores de ciencias portugueses acerca de la naturaleza de los modelos científicos y su importancia en la enseñanza de las ciencias y acerca del uso de los modelos en las clases de ciencias. Sin embargo, las entrevistas se revelan cruciales ya que permiten obtener datos más completos, detallados y robustos, siendo importante aplicarlas siempre que sea posible. Como señala Lederman *et al.* (2014), el uso de entrevistas es fundamental para obtener los datos más válidos posible, ya que permiten una

comprensión más profunda y un análisis más consistente de los datos. Sin querer restarle valor a los resultados obtenidos a través del cuestionario, la triangulación de métodos y técnicas, como refieren Bickman y Rog (1998) permite aumentar la validez y compensar la fiabilidad de los resultados de la investigación.

A pesar de que la mayoría de los estudiantes considere que un modelo científico es una representación de diferentes aspectos de la realidad, verificamos que algunos estudiantes presentan visiones poco informadas sobre su definición y, en especial, sobre los propósitos de los modelos científicos en la actividad científica. Del mismo modo, los estudiantes revelan también visiones ingenuas sobre los propósitos de los modelos en la enseñanza de las ciencias, enfatizando solamente su contribución en la comprensión del conocimiento conceptual.

Aunque la mayoría de los estudiantes reconozca que es importante que los alumnos construyan modelos, se verifica, una vez más, que no valoran su relevancia en el desarrollo de visiones adecuadas acerca de la naturaleza de la ciencia y en la promoción del desarrollo de capacidades investigativas. Además, son poco los estudiantes que subrayaron la importancia de advertirles a los alumnos de la naturaleza y limitaciones de los modelos.

Estos resultados están en la misma línea de los resultados obtenidos en un estudio piloto realizado anteriormente (Torres y Vasconcelos, 2015), aunque los datos obtenidos con este cuestionario y entrevistas sean mucho más detallados, proporcionando más informaciones sobre las visiones, las dificultades y las perspectivas del uso de modelos en las clases de ciencias, lo que recalca la importancia de este cuestionario y de esta entrevista.

Por todo lo recogido anteriormente, reiteramos una vez más que la falta de conocimientos sobre modelos en la ciencia y para la enseñanza de las ciencias es problemática, siendo fundamental mejorar las visiones de los futuros profesores. De este modo, los profesores deberán entender qué son modelos científicos y modelos para la enseñanza de las ciencias, pero también sus potencialidades en las clases de ciencias, no sólo en la comprensión del conocimiento científico, sino en la promoción de conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia y de capacidades investigativas. Por último, es crucial que los profesores cambien actitudes y usen los modelos de forma eficaz en las clases de ciencias, de acuerdo con las perspectivas actuales de la Educación en Ciencias.

Referencias bibliográficas

- Ankeny, R. A. (2007). Wormy logic: Model organisms as case-based reasoning. En A. N. H. Creager, E. Lunbeck y M. N. Wise (Eds.). *Science without Laws: Model systems, cases, exemplary narratives*. London: Duke University Press Books.
- Bickman, L., Rog, D. J. (1998). *Handbook of applied social research methods*. United States of America: SAGE Publications.
- 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.
Direcciones web: <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/23/21>
- Chamizo, J. A. (2013). A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching. *Science & Education*, 22, 1613–1632. DOI: 10.1007%2Fs11191-011-9407-7.
- Danusso, L., Testa, I., Vicentini, M. (2010). Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871-905. DOI: 10.1080/09500690902833221

- Driver, R., Newton, P., Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742-752. Recuperado de: <http://www.tc.umn.edu/~giere/hmurr.pdf>
- Giere, R. N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172, 269–281.
Direcciones web: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11229-009-9506-z>.
- Gilbert, S. W., Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in earth and Space Science*. United States of America: NSTA Press.
- Gutierrez, R., Pintó, R. (2009). Aproximación ontológica a las concepciones de modelo científico que presentan los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3624-3628. Direcciones web: <http://ddd.uab.cat/record/131216>
- Halloun, I. A. (2007). Mediated Modeling in Science Education, *Science & Education*, 16, 653–697. DOI: 10.1007%2Fs11191-006-9004-3.
- Hubbard, E. J. A. (2007). Model organisms as powerful tools for biomedical research. En A. N. H. Creager, E. Lunbeck, M. N. Wise (Eds.). *Science without Laws: Model systems, cases, exemplary narratives*. London: Duke University Press Books.
- Izquierdo-Aymerich, M., Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27–43. DOI: 10.1023%2FA%3A1022698205904
- Jee, B. D., Uttal, D. H., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T. F., Tikoff, B., Ormand, C. J., Sageman, B. (2010). Commentary: Analogical thinking in geoscience education. *Journal of Geoscience Education*, 58(1), 2-13. DOI: 10.5408/1.3544291
- Justi, R. S., Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292. DOI: 10.1080/09500690210163198#.VjdlVrfhDIU
- Justi, R. S., Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386. DOI: 10.1080/0950069032000070324#.VjdlVrfhDIU
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.
- Khan, S. (2011). What's missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 535–560. DOI: 10.1007%2Fs10972-011-9248-x
- Koponen, I. T., Tala, S. (2014). Generative modelling in Physics and in Physics Education: From aspects of research practices to suggestions for education. En M. R. Matthews (Ed.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. London: Springer Netherlands.
- Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. (2012). Students' Understanding of the Purpose of Models in Different Biological Contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1-34. Recuperado de: http://www.ijobed.com/2_2/Moritz-2012.pdf

- Krell, M., Krüger, D. (2015). Testing Models: A Key Aspect to Promote Teaching Activities Related to Models and Modelling in Biology Lessons?. *Journal of Biological Education*, DOI: 10.1080/00219266.2015.1028570.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. DOI: 10.1002/tea.10034/abstract
- Lederman, N. G., Bartos, S. A., Lederman, J. S. (2014). The development, use, and interpretation of nature of science assessments. En M. R. Matthews (Ed.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Netherlands: Springer.
- Oh, P. S., Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. DOI: 10.1080/09500693.2010.502191
- Pujol, R., Márquez, C. (2011). Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En P. Cañal (Coord.). *Didáctica de la Biología y la Geología*. España : Editorial Graó.
- Raviolo, A., Ramírez, P., López, E. A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 581-612. Recuperado de: <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/66/59>
- Sibley, D. F. (2009). A cognitive framework for reasoning with scientific models. *Journal of Geoscience Education*, 57(4), 255-263. Recuperado de: Direcciones web: http://spatiallearning.org/publications_pdfs/SIBLEYsept2009.pdf
- Torres, J. & Vasconcelos, C. (2015). Nature of science and models: Comparing Portuguese prospective teachers' views. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11 (6), 1473-1494. Recuperado de: <http://www.ejmste.com/arsivAyranti.aspx?kim=50>
- Torres, J., Vasconcelos, C. (2016). Views of nature of science: Adaptation of a questionnaire for Portuguese prospective science teachers. *Journal of Science Education*, 17(2), 48-52. Recuperado de: <http://www.accefyn.org.co/rec/source/conn2v17.htm>
- Torres, J., Vasconcelos, C. (*in press*). Models in geoscience classes: How can teachers use them?. In Vasconcelos, C. (Ed.). *Geoscience Education: Indoor and Outdoor*. Springer.
- Van Driel, J. H., Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153. DOI: 10.1080/09500699290110

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido de la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FCT) - beca de doctorado del primer autor (SFRH/BD/85735/2012).



Apéndice A – “Cuestionario Modelos”

Cuestión 1. ¿En su opinión, qué es un modelo científico?

Cuestión 2. ¿Cuáles son las funciones principales de los modelos científicos? ¿En qué circunstancias se utilizan?

Cuestión 3. ¿Qué relación considera que debe existir entre un modelo científico y una teoría científica? Justifique su respuesta.

Cuestión 4. ¿Considera que los modelos científicos cambian con el tiempo? Defienda su respuesta con ejemplos.

Cuestión 5. Desde su punto de vista, ¿cómo se pueden usar modelos en la enseñanza de las ciencias? ¿Cuál es la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias?

Cuestión 6. ¿Considera importante que los alumnos produzcan modelos? ¿Por qué?

Cuestión 7. ¿Qué necesitan los alumnos para construir modelos?

Cuestión 8. Desde su punto de vista, ¿los modelos usados en la enseñanza de las ciencias pueden/deben ser diferentes de los modelos usados en la ciencia? ¿Por qué? ¿Cuáles deben ser las principales diferencias?

Cuestión 9. ¿Cómo piensa usar los modelos en sus clases de ciencias? ¿Mostrando sus modelos a los alumnos o dando a oportunidad a los alumnos de construir modelos? Justifique su respuesta.

Cuestión 10. ¿Qué considera que presenta más dificultades para los alumnos: la comprensión de un modelo (presentado por su profesor, existente en el libro de texto,...) o la producción de su modelo? ¿Por qué?

Cuestión 11. En su opinión, ¿cuál es la opción más ventajosa para un alumno: la comprensión de un modelo suministrado o la producción de su modelo? ¿Por qué?

Cuestión 12. En la producción de modelos para la enseñanza, ¿cuáles son los aspectos que se deben tener en cuenta? ¿Cuáles son los cuidados a tener cuando se usan modelos en las clases?

Cuestión 13. En su criterio, ¿qué características debe tener un buen modelo para la enseñanza de las ciencias? ¿Por qué?

Cuestión 14. Después de las clases de este año escolar, ¿considera haber alterado sus visiones sobre modelos científicos y su uso en las clases de ciencias? Si es así, indique los principales cambios y las principales fuentes responsables del cambio.

Apéndice B. “Guía de Entrevista Modelos”

1. ¿Puede leer y explicar mejor su respuesta?
 2. ¿Quiere añadir algo más a su respuesta?
 3. ¿Qué quiere decir con (...)?
 4. ¿Cómo se relaciona su respuesta en *A* con lo que ha dicho en su respuesta *B*?
 5. ¿Ha cambiado su visión desde que escribió su respuesta? ¿Cómo?
 6. De las opciones disponibles, ¿qué opción seleccionaría para definir modelo científico?
 7. ¿Qué puede ser representado como un modelo?
 8. ¿Pueden existir diferentes modelos para representar diferentes aspectos del mismo sistema representado?
 9. ¿Pueden existir múltiples modelos para estudiar el mismo aspecto del mundo?
 10. (...)
-