

COMPRENSIÓN ACERCA DE LA NATURALEZA DE LOS MODELOS POR PARTE DE PROFESORADO DE CIENCIAS DE SECUNDARIA EN FORMACIÓN INICIAL

Understanding about the nature of models by preservice secondary science teachers

Natalia Jiménez-Tenorio*, Lourdes Aragón Núñez*, Ángel Blanco-López** y José María Oliva*

*Universidad de Cádiz, **Universidad de Málaga.

Correspondencia:

Mail: natalia.jimenez@uca.es

Recibido: 01/07/2016; Aceptado: 01/09/2016

Resumen

Este trabajo forma parte de un estudio más general destinado a elaborar, validar y emplear como instrumento de evaluación un cuestionario en torno a la comprensión de la naturaleza de los modelos en alumnado y profesorado. El cuestionario contempla cinco dimensiones: modelos como representaciones múltiples, modelos no como réplicas exactas, en qué consiste un modelo, uso de los modelos y naturaleza cambiante de los modelos. En concreto, se analiza su aplicación a 85 profesores de secundaria en formación inicial en las especialidades Física y Química y Biología y Geología de dos universidades andaluzas. Los resultados obtenidos sugieren que, al menos para una parte de estos titulados, existen carencias en sus visiones acerca de la naturaleza de los modelos. La comparación de los resultados obtenidos con los de otros estudios similares apuntan patrones comunes en su comprensión, las cuales sirven para plantear algunas implicaciones educativas y propuestas futuras de investigación.

Palabras clave: naturaleza de los modelos; cuestionario de evaluación; profesorado de ciencias de secundaria; formación inicial.

Abstract

This work is part of a broader study to develop, validate and to be used as an assessment tool in the form of a questionnaire about the understanding the nature of the models directed towards students and teachers. The questionnaire covers five dimensions: models such as multiple representations, models such as non-exact replicas, how models work, the use of models and the changing nature of the models themselves. Its application to 85 secondary student teachers specializing in Physics and Chemistry, Biology and Geology of two Andalusian universities has been analyzed. The results suggest that at least with some of these graduates, there are gaps in their views about the nature of the models. Comparing the results with those of other similar studies, suggests common patterns in their understanding, which would serve to raise some educational implications and future research proposals.

Keywords: nature of the models; assessment questionnaire; secondary science teachers; initial training.

INTRODUCCIÓN

El uso de modelos y de la modelización se considera una de las prácticas científicas importantes (NRC, 2012) y, por ello, se reconoce que deben formar parte del bagaje de los estudiantes desde el punto de vista de una educación científica básica (Oliva, Aragón y Cuesta, 2015).

Un modelo es considerado como una representación parcial, no única, de un objeto, un evento, un proceso o una idea que puede cambiarse. Se utiliza en la ciencia como una herramienta para expresar las teorías científicas de tal forma que, a partir de ellas, puedan realizarse predicciones y explicaciones. En este sentido, favorece la creatividad y mejora la comprensión del objeto de estudio (Soulis y Psillos, 2016). En el ámbito educativo el uso de modelos y de la modelización pueden ser considerado como estrategias que ayudan a los estudiantes a mejorar su capacidad de razonamiento y sus creencias epistemológicas sobre la naturaleza y propósito de los modelos científicos (Soulis y Psillos, 2016). También pueden ser considerados como una estrategia efectiva para el desarrollo de la alfabetización científica (Halloum, 2006).

La aplicación en las clases de ciencias de un enfoque basado en modelos requiere por parte del profesorado una adecuada comprensión de los modelos y de la modelización. Estudios previos muestran, sin embargo, que la percepción del profesorado es compleja y algunas veces inconsistente, adoptando diferentes enfoques sobre cómo utilizar los modelos en sus clases dependiendo de sus conocimientos, sus creencias y experiencias (Oh y Oh, 2011). También se ha sugerido que los formadores del profesorado de ciencias deben tener una sólida formación en este tema de tal forma que puedan formar al profesorado e investigar sobre prácticas de modelización que puedan ser efectivas en las clases de ciencias (Oh y Oh, 2011).

Por todo ello, se considera importante que aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, en general, y de los modelos y la modelización, en particular, formen parte de la formación inicial del profesorado de ciencias (Marín y Benarroch, 2009). Esta formación debería partir del conocimiento sobre como el profesorado entiende el concepto de modelo y las ideas que tienen sobre el mismo. En este sentido, diferentes herramientas han sido utilizadas para evaluar la comprensión sobre la naturaleza de los modelos (Chittleborough, Treagust, Mamiala y Mocerino, 2015; Grosslight, Unger, Jay y Smith, 1991; Van Driel y Verloop, 1999, 2002), siendo uno de los más conocidos el Students' Understanding of Models in Science (SUMS) (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2002). Dicho instrumento ha sido usado en diferentes investigaciones para evaluar la comprensión sobre la naturaleza de los modelos tanto por parte de alumnos (Treagust *et al.*, 2002) como de profesores (Everett, Otto y Luera, 2009). No obstante, la conveniencia de incluir mejoras en el instrumento (Wei, Liu y Jia, 2014), junto a la necesidad de adaptarlo al español nos ha llevado a la construcción de un nuevo cuestionario, teniendo en cuenta el tipo de ítems formulados en aquel y las dimensiones que contemplaba.

MARCO TEÓRICO

La modelización es entendida por algunos autores como una competencia necesaria para construir y mejorar modelos sobre objetos físicos, procesos o fenómenos, aunque es difícil dar una definición concreta de ella dado el carácter fragmentario que poseen los marcos teóricos que la abordan. De hecho, como observan Nicolaou y Constantinou (2014) en una revisión bibliográfica realizada en torno a este constructo, unas veces los autores no llegan siquiera a definirla de forma explícita, otras veces, sí lo hacen pero las definiciones aportadas difieren de unos trabajos a otros y, finalmente, no suele haber unidad de criterios ni en la conceptualización de las componentes que integran dicha competencia ni en la forma en la que se evalúan.

Aun así, pensamos que es posible establecer una serie de rasgos comunes que envuelven a la mayoría de estos estudios, en sintonía con el esquema que en su día propusieron Justi y Gilbert (2002) para

la actividad de modelización. Desde esta perspectiva, la competencia de modelización podría entenderse como un conjunto integrado de conocimientos, metaconocimientos, destrezas y valores epistémicos necesarios para llevar a cabo la tarea de modelizar en su dimensión amplia, no solo con el propósito de aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también de trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de los mismos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante y, también, sus limitaciones (Aragón, Oliva-Martínez y Navarrete, 2014). En consecuencia, modelizar supone una tarea compleja cuyo desarrollo exige toda una gama de destrezas (Lopes y Costa, 2007). Además de conocimiento sobre el dominio específico, involucra numerosas estrategias, destrezas y determinados compromisos epistemológicos (Grosslight *et al.*, 1991; Halloun, 2007; Harrison y Treagust, 2000; Justi y Gilbert, 2002; Prins, Bulte, Van Driel y Pilot, 2009; Oliva *et al.*, 2015; Schwarz y White, 2005 y Van Driel y Verloop, 1999).

Particularmente, Nicolaou y Constantinou (2014) analizaron los componentes constituyentes de la competencia de modelización distinguiendo dos grandes categorías: las “prácticas de modelización” y los “meta-conocimientos”. La primera categoría se refiere al uso, revisión, comparación y validación de modelos, mientras que la segunda hace alusión a los conocimientos que han de tener los sujetos sobre la naturaleza de los procesos que ellos mismos ponen en juego en actividades de modelización (conocimiento metacognitivo sobre los procesos de modelización) o sobre la naturaleza y el papel de los modelos en el conocimiento científico (conocimiento de metamodelización). Éste último, que constituye el centro de atención de este artículo, se encuentra íntimamente relacionado con el conocimiento del alumno sobre la naturaleza de la ciencia, pudiéndose considerar en cierta forma como una parte de ella (Brandão, Araujo, Veit y Silveira, 2011)

Aunque Nicolau y Constantinou (2014) se refieren particularmente al conocimiento de metamodelización como aquel referido a la comprensión en torno al propósito y uso de los modelos, podremos adoptar con Treagust *et al.* (2002) una perspectiva más amplia, incorporando otras dimensiones. Así, estos últimos autores elaboraron un instrumento para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre la naturaleza de los modelos (SUMS: Students' Understanding of Models in Science) que considera hasta cinco dimensiones diferentes a la hora de organizar sus ítems:

- a) Los modelos como representaciones múltiples (MR): implica la aceptación del uso de una variedad de representaciones para un mismo fenómeno, y al mismo tiempo su comprensión de la necesidad de esta variedad.
- b) Los modelos como réplicas exactas (ER): se refiere a la percepción de lo cerca que un modelo puede estar del objeto o fenómeno que modeliza, y del parecido que puede guardar con él.
- c) Los modelos como herramientas explicativas (ET): se refiere a la aportación que hace un modelo para ayudar a entender una idea.
- d) Uso de modelos científicos (USM): explora la comprensión de cómo se pueden utilizar los modelos en la ciencia, más allá de sus propósitos descriptivos y explicativos.
- e) Naturaleza cambiante de los modelos (CNM): se refiere a la posibilidad de que los modelos cambien debido a que surjan nuevos descubrimientos, nuevas teorías o nuevas formas de pensar sobre determinados fenómenos u objetos.

En una línea similar, aunque no totalmente coincidente, Oh y Oh (2011) contemplan, en un análisis realizado para identificar lo que los profesores deben saber acerca de los modelos, también cinco dimensiones:

- a) Significado de un modelo: es una representación de un objeto y sirve como un "puente" que conecta una teoría y un fenómeno. Se considera una simplificación, exageración o idealización de algo.

- b) Propósito de la modelización: un modelo reproduce los roles de describir, explicar y predecir fenómenos naturales y la comunicación de las ideas científicas a los demás.
- c) Multiplicidad de modelos: se recurre a cierta multiplicidad de modelos porque pueden surgir variedad de ideas sobre un mismo objeto y sobre cómo funciona, y porque existe variedad de recursos semióticos para la construcción de modelos.
- d) Cambio en los modelos científicos: cualquier modelo es siempre revisable, por lo que son continuamente sometidos a prueba pudiendo cambiar con el tiempo.
- e) Uso de modelos en las clases de ciencias: los modelos y la modelización constituye un recurso útil en las clases de ciencias con vistas al aprendizaje de los alumnos.

Por otra parte, Oliva *et al.* (2015) contemplan cuatro dimensiones epistémicas que podrían encajar coherentemente con las referidas dimensiones:

- a) Comprensión sobre la utilidad de los modelos.
- b) Toma de consciencia sobre las limitaciones de éstos.
- c) Comprensión sobre la naturaleza provisional y cambiante de los modelos.
- d) Gestión de diferentes modelos en función del contexto.

Puede apreciarse en la tabla 1 un importante paralelismo entre todos estos análisis, unos más completos que otros, pero en conjunto ajustándose bastante bien a la clasificación utilizada en el SUMS por Treagust *et al.* (2002).

Este tipo de análisis es de suma importancia a la hora de configurar un instrumento dirigido a evaluar la comprensión sobre la naturaleza de los modelos. En nuestro caso recurriremos con algún matiz a la estructura prevista por Treagust *et al.* (2002) en el SUMS, pero con cambios tanto en la redacción como en el número de ítems implicados. Las justificaciones de estos cambios podríamos resumirlas en las siguientes razones:

- La expresión literal de algunos de los ítems presentaban dificultad de encaje en su traducción al castellano, por lo que resultaba preciso introducir giros y expresiones complementarias que pudieran hacerlos inteligibles para un sujeto de habla hispana.
- En el SUMS todos los ítems se redactan en positivo y apuntando a una sola dirección de la escala, cuando se tratan de dimensiones bipolares. Por ejemplo, podemos entender como polo positivo la idea de que los modelos cambian con el tiempo, y frente a ella situar un extremo contrario negativo que reflejaría una imagen estática y absolutista del conocimiento.
- Algunas de las subescalas del SUMS contienen un número de ítems excesivamente reducido. Así, la subescala sobre naturaleza cambiante de los modelos y usos de los modelos, solo estaban integradas por tres ítems cada una.

En consecuencia, preferimos elaborar un nuevo instrumento a traducir simplemente este otro.

Tabla 1

Dimensiones de la comprensión de la naturaleza los modelos según diferentes estudios. (Fuente: Elaboración propia).

Treagust <i>et al.</i> (2002)	Oh y Oh (2011)	Nicolau y Constantinou (2014)	Oliva <i>et al.</i> (2015)
Los modelos como representaciones múltiples	Multiplicidad de modelos		Gestión de diferentes modelos en función del contexto
Los modelos como réplicas exactas			Límites de los modelos
Los modelos como herramientas explicativas	Significado de un modelo		
	Propósito de la modelización	Propósito de la modelización	
Uso de modelos científicos	Uso de modelos en las clases de ciencias	Uso de modelos	Utilidad de los modelos
Naturaleza cambiante de los modelos	Cambio en los modelos científicos		Naturaleza provisional y cambiante de los modelos

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad estamos construyendo un instrumento para evaluar la comprensión sobre la naturaleza de los modelos en alumnado y profesorado. Como parte del proceso de validación de dicho instrumento, estamos recopilando datos procedentes de distintas submuestras, lo que nos permite, además, acceder a una primera aproximación en torno a las visiones al respecto que muestran los distintos sectores consultados. En este caso, nos detenemos en la aplicación del instrumento a una muestra de profesorado de ciencias de secundaria en formación inicial, al objeto de conocer cuál es su grado de comprensión acerca de la naturaleza de los modelos. Las cuestiones investigadas fueron las siguientes:

- a) ¿En qué medida los participantes de este estudio presentan visiones adecuadas?
- b) ¿En qué dimensiones obtienen mejores resultados y en cuáles peores?
- c) ¿Qué grado de relación presentan entre sí los resultados en distintas dimensiones?
- d) ¿Se mantienen estables los resultados obtenidos en función de variables como la edad, el género, la especialidad cursada o la universidad?

Basándonos principalmente en el trabajo previo del SUMS (Treagust *et al.*, 2002), y en un estudio piloto realizado (Muñoz-Campos, Cañero-Arias, Oliva-Martínez, Blanco-López y Franco-Mariscal, 2016), hemos desarrollado un instrumento en fase de validación con ítems en formato Likert, con cinco niveles de respuesta que reflejan opciones que van del total acuerdo al total desacuerdo, pasando por una opción intermedia de inseguridad. Este cuestionario estaba inicialmente integrado por 50 ítems, diez para cada una de las siguientes dimensiones:

- a) Los modelos como representaciones múltiples, que se corresponde básicamente con la dimensión MR del SUMS.
- b) Los modelos no son réplicas exactas del objeto o sistema representado, lo que supone una inversión de la escala ER empleada en el SUMS.
- c) En qué consiste un modelo, que supone una ampliación de la dimensión ET del SUMS, para contemplar rasgos más generales de lo que se entiende por modelo; esto es, no solo una explicación causal a un fenómeno, sino también cualquier idea o conjunto de códigos visuales o simbólicos que sirvan para representarlo.
- d) Usos de los modelos científicos, que se correspondería con la dimensión USM del SUMS.
- e) Naturaleza cambiante de los modelos, que equivaldría a la dimensión CNM del SUMS.

La mitad de los ítems se formularon como afirmaciones positivas con respecto a visiones epistemológicamente adecuadas. La otra mitad se redactaron en un sentido contrario, de modo que a mayor desacuerdo con ellas, mayor sería el grado de acuerdo con aquellas que serían deseables.

El instrumento desarrollado fue sometido a un proceso de validación por 20 expertos, en el que participaron profesores de didáctica de las ciencias de diferentes universidades y profesorado de ciencia de secundaria, todos ellos con experiencia en el uso de modelos y de la modelización en la enseñanza. Dicho proceso consistió en un análisis del lenguaje empleado en los enunciados de los ítems y de su facilidad de comprensión, así como del grado de correspondencia o adecuación de cada ítem con la dimensión específica que pretendía evaluar. Como resultado de esta labor se eliminaron 7 de los 50 ítems y se modificaron la redacción de algunos de ellos.

La versión actual del cuestionario, que es el empleado en este estudio, consta de 43 ítems. En la tabla 2 se muestra la correspondencia de los ítems a cada una de las dimensiones, su sentido y algunos ejemplos de la redacción de los mismos.

Tabla 2

Distribución de los diferentes ítems del cuestionario según dimensión y sentido. (Fuente: elaboración propia).

Dimensión	Sentido	Ítems	Ejemplo
Los modelos como representaciones múltiples	+	4,21,28,41	28. Para representar distintas facetas de un fenómeno se necesitan varios modelos.
	-	6,16,33,37	6. Un solo modelo es siempre suficiente para comprender un fenómeno.
Los modelos no como réplicas exactas	+	12,18,23,35	12. Siempre hay diferencias entre el modelo y el objeto o fenómeno estudiado.
	-	3,14,26,32,39	14. Un modelo tiene que ser completamente igual que el objeto que representa pero a un tamaño diferente.
En qué consiste un modelo	+	1,7,25,29,31	1. Un modelo puede ser un diagrama, un esquema, una imagen o un gráfico.
	-	13,22,36,43	43. Una representación a escala <u>no</u> es un modelo.
Uso de los modelos	+	8,19,27,42	42. Los modelos se usan para ayudar a elaborar ideas y teorías sobre los fenómenos científicos.
	-	5,10,17,38	5. Un modelo sirve de poco para plantear preguntas investigables.
Naturaleza cambiante de los modelos	+	2,11,24,30,40	11. Un modelo puede cambiar si surgen nuevos descubrimientos.
	-	9,15,20,34	20. Un modelo <u>no</u> cambia a pesar de que aparezca una nueva teoría que esté en desacuerdo con él.

En el estudio objeto de este artículo han participado 85 estudiantes (48 mujeres y 37 hombres) de las especialidades de Física y Química (31 alumnos), y de Biología y Geología (54 alumnos) del Máster en Profesorado de Educación Secundaria de las Universidades de Cádiz (32 alumnos) y de Málaga (53 alumnos). La gran mayoría de estos estudiantes han cursado estudios de Biología (38.8%), Ciencias Ambientales (16.5%) y Química (15.3%), y también de Ingeniería Química (9.4%). El cuestionario fue cumplimentado durante el curso académico 2015/2016 justo al iniciar el módulo específico del Máster, cuando aún los estudiantes no habían recibido en el Máster ninguna formación específica sobre didáctica de las ciencias y en particular, sobre los modelos y la modelización. Todos los participantes se movían en una horquilla de edades que iban de los 20 a los 39 años, con una media de 27.7 años y una mediana de 28.0 (tres estudiantes no consignaron su edad).

Como variables independientes empleadas para abordar la cuestión de investigación “d”, se emplearon las siguientes: Género (Hombre/Mujer), Edad (Superior/Inferior a la mediana), Universidad de procedencia (Universidad de Cádiz/Universidad de Málaga) y Especialidad cursada (Física y Química/Biología y Geología).

Todos los análisis se realizaron con el programa IBM SPSS versión 21.

RESULTADOS

Dado que cualquier proceso de validación requiere el uso de muestras muy amplias, de las que todavía no disponemos, nos vemos obligados a tomar en consideración momentáneamente la información proveniente de la totalidad de ítems, a la espera de un progresivo proceso de depuración en función de los datos de validación que se vayan realizando.

Al objeto de disponer de información más fiable de la que aportan los resultados procedentes de ítems individuales, se llevó a cabo un agrupamiento de los mismos en subescalas según la distribución prevista en la tabla 2. Los resultados de los ítems formulados con un sentido negativo fueron invertidos al objeto de poder promediar los resultados de todos los ítems de la subescala correspondiente.

Se ha realizado un análisis por separado de fiabilidad de cada una de las subescalas construidas, ya que se disponía de datos de validez de expertos. Solo se ha eliminado el ítem 7, dado que parece alinearse justo con el extremo opuesto al esperado. Por tanto, para los resultados que se muestran a continuación se han considerado 42 ítems.

En la tabla 3 se muestra el análisis descriptivo de cada una de las subescalas construidas, junto a la de la variable resultante del cómputo global del cuestionario. Este análisis incluye la fiabilidad de dichas subescalas (alfa de Cronbach) y las medidas de centralización y dispersión correspondientes. Los valores de la media están normalizados al rango de 0 a 1. Valores altos indican alto desempeño, mayor cuanto más próximo sea al valor 1.

Como puede verse en la tabla 3, los valores de fiabilidad van de moderados a altos, obteniendo el más elevado en el caso de la subescala “los modelos no como réplicas exactas” y el más bajo en la de “los modelos como representaciones múltiples”. El mayor desempeño aparece en la dimensión que evalúa “la naturaleza cambiante de los modelos” y el peor en la de “los modelos no como réplicas exactas”. Conviene hacer notar que hay puntuaciones mínimas bajas en algunas de las subescalas, lo que indica que, si bien en términos globales los promedios de puntuaciones son relativamente altos, algunos de los participantes presentan graves carencias en su comprensión sobre la naturaleza de los modelos.

Tabla 3

Análisis descriptivo de cada una de las subescalas construidas. (Fuente: Elaboración propia).

Subescala	Media	Desv. típ.	Valor mínimo	Valor máximo	Alfa de Cronbach
Naturaleza cambiante de los modelos	.81	.12	.33	.97	.69
Uso de los modelos	.75	.09	.53	1.00	.80
Los modelos como representaciones múltiples	.68	.10	.31	.88	.66
En qué consiste un modelo	.65	.11	.34	.97	.74
Los modelos no como réplicas exactas	.61	.12	.28	.83	.84

Por otro lado, la tabla 4 ofrece un análisis comparativo de los resultados en función de las variables Género, Edad, Universidad de procedencia y Especialidad cursada.

Tabla 4

Análisis comparativo de valores de las subescalas en función de distintas variables. (Fuente: Elaboración propia).

Subescala	Género		Edad		Universidad		Especialidad	
	Hombre	Mujer	Inferior	Superior	UCA	UMA	FyQ	ByG
Naturaleza cambiante de los modelos	.80	.82	.81	.82	.80	.82	.82	.80
Uso de los modelos	.75	.76	.73	.78	.77	.74	.75	.76
Los modelos como representaciones múltiples	.69	.66	.65	.70	.69	.67	.68	.66
En qué consiste un modelo	.65	.66	.64	.68	.66	.64	.64	.66
Los modelos no como réplicas exactas	.60	.62	.58	.64	.60	.61	.61	.62

Puede apreciarse un alto nivel de estabilidad en los resultados en función de las variables Género, Universidad y Especialidad. En todas las comparaciones efectuadas entre submuestras, los valores de las distintas subescalas difirieron mínimamente, y en ningún caso las diferencias resultaron estadísticamente significativas. Para dicha comparación se empleó la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney, ya que las distribuciones de frecuencias se desviaban en todos los casos sustancialmente de la distribución normal.

Sin embargo, la variable Edad sí parecía ejercer un cierto efecto. Así, cuando se analiza la tabla 4 se aprecian valores más altos en todas las subescalas para los participantes de la franja de edad superior. Las diferencias apreciadas son pequeñas en el caso de la subescala “naturaleza cambiante de los modelos” pero resulta más llamativa en el caso de las cuatro subescalas restantes. La figura 1 presenta la comparación de resultados en función de la edad de una forma gráfica, indicándose en cada caso, los valores de Z y p correspondientes a la mencionada prueba.

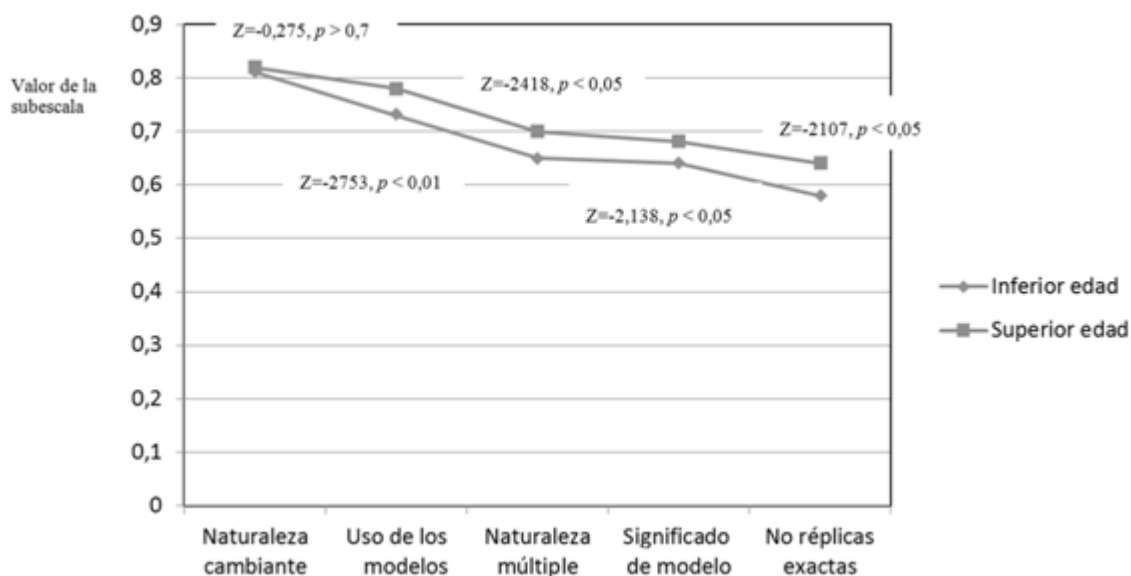


Figura 1. Valores de las distintas subescalas en función de la variable edad y resultados de la prueba estadística de la U de Mann-Whitney para evaluar las diferencias. (Fuente: elaboración propia).

Se observa que, salvo en el primer caso, las diferencias son estadísticamente significativas en todos los demás, manifestándose, por tanto, ideas más apropiadas acerca de la naturaleza de los modelos en los candidatos a profesores de mayor edad. Este resultado podría indicar que los aspectos relacionados con la metamodelización, o si se prefiere, con los conocimientos sobre naturaleza de los modelos, podrían seguir desarrollándose parcialmente después de los estudios universitarios. En efecto, como consecuencia de un mayor tiempo de reflexión o incluso por la experiencia laboral desarrollada (estudios de tesis, investigación científica, actividad docente no reglada a través de “clases particulares”, etc.), estos conocimientos podrían madurar y evolucionar con el tiempo dentro de unos límites. De hecho, estamos hablando de dimensiones que se relacionan con un tipo de metaconocimiento (Nicolau y Constantinou, 2014), que es algo que se va desarrollando a través de la madurez intelectual de las personas. No obstante, nos sorprende esta mejora espontánea de resultados a través de un contexto ajeno a la formación, ya que los aspectos epistemológicos son complejos y las concepciones que los titulados de ciencias suelen mantener al salir de sus carreras son inadecuadas acerca de la naturaleza de la ciencia (Acevedo, 1994; Mellado, 1996), mostrando una importante resistencia al cambio incluso a través de una formación intencional dirigida a cambiar esas ideas.

Con objeto de analizar la unidad de constructo del cuestionario en su conjunto, llevamos a cabo un análisis de correlación entre las distintas subescalas (véase tabla 5).

Tabla 5

Matriz de correlaciones entre subescalas (Rho de Spearman). (Fuente: Elaboración propia).

Subescala	Naturaleza cambiante	Uso de modelos	Representaciones múltiples	En qué consiste	No réplicas exactas
Naturaleza cambiante	1.00	.46	.27	.26	.22
Uso de modelos	.46	1.00	.26	.27	.239
Representaciones múltiples	.27	.26	1.00	.21 ^{ns}	.06 ^{ns}
En qué consiste	.26	.27	.21 ^{ns}	1.00	.35
No réplicas exactas	.22	.23	.06 ^{ns}	.35	1.00

p < .01; * *p* < .05; ^{ns} No significativo

Los valores de correlación obtenidos no son muy altos, pero muestran correlaciones estadísticamente significativas en 8 de los 10 datos comparados ($p < 0.05$), lo que sugiere una cierta unidad de constructo entre las distintas subescalas consideradas. La subescala “Los modelos como no réplicas exactas”, parecía la menos cohesionada de todas con el resto, superando los límites de significación estadística en solo dos de las cuatro comparaciones con las restantes dimensiones. Por tanto, aunque existe cierta unidad, cada subescala mostraba su propia idiosincrasia.

Al objeto de comprobar si había una unidad de constructo subyacente a las cinco subescalas, realizamos un análisis factorial de correspondencias múltiples para datos ordinales, mediante la opción de escalamiento óptimo disponible en el programa SPSS. Comenzamos el análisis indagando sobre el número de factores que se van a retener. En primera instancia contemplamos cinco dimensiones, un número idéntico al de variables bajo análisis. El análisis mostró que solamente la primera de esas dimensiones presentaba un autovalor superior a uno, por lo que se volvió a ejecutar el análisis solicitando esta vez tan solo un factor. Dicha dimensión explicaba aproximadamente el 46% de la información de saturaciones resultante, en la que los valores que aparecen pueden interpretarse como correlaciones entre las subescalas y el constructo común del que forman parte. Como puede verse en la tabla 6, la subescala “naturaleza cambiante de los modelos” es la que mejor parece encajar en el modelo, mientras que es la subescala “los modelos como representaciones múltiples” la que peor parece hacerlo. De todos modos, todas ellas presentan saturaciones que van de moderadas a altas, lo que evidencia una cierta unidad de constructo por encima de las peculiaridades inherentes a cada subescala.

Tabla 6

Matriz de saturaciones. (Fuente: Elaboración propia).

Subescala	Saturación
Naturaleza cambiante de los modelos	.80
En qué consiste un modelo	.70
Los modelos no como réplicas exactas	.68
Uso de modelos	.67
Los modelos como representaciones múltiples	.51

Finalmente, se han comparado los resultados obtenidos en este estudio con dos desarrollados con profesorado de primaria en formación inicial (Everett *et al.*, 2009; Muñoz-Campos *et al.*, 2016), y con otros dos llevados a cabo con estudiantes de secundaria (Cheng y Lin, 2015; Treagust *et al.*, 2002) (tabla 7).

En estos estudios se pudo observar que los resultados obtenidos compartían en términos generales una secuencia muy similar en cuanto a la dificultad para comprender las diferentes dimensiones del concepto de modelo (tabla 7). Esta secuencia podría concretarse de la siguiente forma:

- Dimensión de menor dificultad: “naturaleza cambiante de los modelos”.
- Dimensiones de dificultad intermedia: “en qué consiste un modelo”, “los modelos como representaciones múltiples” y “uso de los modelos”. Entre ellas suelen producirse pequeñas alternancias; incluso en algún caso, la subescala “en qué consiste un modelo” puede situarse en el grupo de menor dificultad.
- Dimensión de mayor dificultad: “los modelos no como réplicas exactas”.

Los resultados obtenidos en el presente estudio se adaptan bien a lo anterior, coincidiendo exactamente con la secuencia aludida. En términos absolutos, los resultados obtenidos son además muy parecidos a los obtenidos en los restantes estudios, a excepción hecha del trabajo de Treagust *et al.* (2002), en el que los valores resultantes fueron manifiestamente más bajos. Por tanto, los profesores de secundaria en formación inicial de este estudio mantuvieron inesperadamente nociones muy parecidas sobre la naturaleza de los modelos a las que poseen maestros de primaria en formación inicial o alumnos de secundaria. Ello puede ser atribuido a dos razones: a) o bien que los titulados en carreras de ciencias poseen visiones no muy distintas a los de los otros colectivos, b) o bien que el cuestionario aquí empleado mantiene niveles de demanda más exigentes, por lo que sus resultados no serían del todo comparables con los del SUMS.

Tabla 7

Análisis comparativo de este estudio con los obtenidos en otros estudios similares por otros autores con diferentes muestras. (Fuente: Elaboración propia).

Subescala	Profesorado de Educación Secundaria en formación inicial	Profesorado de Educación Primaria en formación inicial		Alumnado de Educación Secundaria Obligatoria	
	Presente estudio	Muñoz- Campos <i>et al.</i> (2016)	Everett <i>et al.</i> (2009)	Treagust <i>et al.</i> (2002)	Cheng y Lin (2015)
Naturaleza cambiante de los modelos	.81	.82	.78	.68	.76
Uso de los modelos	.75	.70	.72	.60	.72
Los modelos como representaciones múltiples	.68	.70	.72	.63	.73
En qué consiste un modelo	.65	.72	.80	.63	.70
Los modelos no como réplicas exactas	.61	.59	.42	.35	.57

CONCLUSIONES

El estudio que aquí mostramos contribuye al proceso de construcción y validación de un cuestionario para evaluar las visiones acerca de la naturaleza de los modelos. El cuestionario, con ligeras modificaciones, ha superado un proceso de evaluación por jueces expertos, arroja datos de fiabilidad adecuados, tanto globalmente como a través de las distintas subescalas de las que consta, muestra una secuencia de dificultad de las diferentes subescalas, que es coincidente con la obtenida en otros estudios, y evidencia una cierta unidad de constructo, lo que se demuestra a través de la red interna de correlaciones entre subescalas.

Los resultados obtenidos muestran puntuaciones medias bajas en algunas de las subescalas, respecto a las que cabría esperar para titulados en carreras de ciencias, aspirantes a profesores de educación secundaria. Los resultados que aportan el cuestionario empleado no difieren en esencia de los obtenidos para muestras de otras poblaciones en otros estudios. Ello sugiere la presencia de deficiencias apreciables en determinados aspectos de la naturaleza de los modelos. Particularmente, se detectan carencias en dimensiones como la de entender los modelos no como réplicas exactas, saber interpretarlos como representaciones múltiples, o también la relativa a la comprensión sobre en qué consiste un modelo. Estos resultados tienen un carácter general sin apreciarse diferencias significativas en función del sexo, la especialidad cursada por los estudiantes en el Máster o la universidad de procedencia. Sí se aprecia, en cambio, una cierta influencia de la edad de los participantes en las puntuaciones obtenidas, de modo que son los participantes de mayor edad aquellos que obtienen mejores resultados en la mayoría de subescalas.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este estudio y en otros similares realizados con el SUMS parecen vislumbrar una secuencia en la comprensión en la naturaleza de los modelos. En esta secuencia algunas de las dimensiones muestran un menor grado de dificultad que otras, de tal forma que la naturaleza cambiante de los modelos aparece como el aspecto más fácil para los estudiantes de diversos niveles educativos mientras que, por el contrario, los modelos no como réplicas exactas, se revelaría como el más difícil.

Los resultados obtenidos muestran también, la necesidad de hacer un tratamiento explícito de la naturaleza de los modelos en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria, a la vez que se va introduciendo el trabajo de los modelos y la modelización en las clases de ciencias. Con especial atención a aquellos aspectos de la naturaleza de los modelos en los que aparecen más dificultades de comprensión.

El estudio presentado necesita ser ampliado en diversas vertientes, por un lado, aumentando la muestra de participantes para validar el instrumento utilizado. Por otro lado, analizando el impacto que los procesos de formación del profesorado de ciencias (Grados en Maestros/as y en el Máster en Profesorado) puedan tener en la comprensión en la naturaleza de los modelos.

Agradecimientos:

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación de Excelencia "Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso" (EDU2013-41952-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

- Acevedo, J.A. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125.
- Aragón, M.M., Oliva-Martínez, J.M., y Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 337-356.
- Brandão, R., Araujo, I., Veit, E.A., y Silveira, F.L. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6(1), 43-61.
- Cheng, M.F., y Lin, J.L. (2015). Investigating the relationship between students' views of scientific models and their development of models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453-2475.
- Chittleborough, G., Treagust, D.F., Mamiala, T.L., y Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195-212.

- Everett, S.A., Otto, C.A., y Luera, G.L. (2009). Preservice elementary teachers' growth in knowledge of models in a science Capstone course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1201-1225.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., y Smith, C.S. (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.
- Halloun, I. (2006). *Modeling theory in science education*. Dordrecht: Springer.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16(7-8), 653-697.
- Harrison, A.G., y Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Justi, R., y Gilbert, J.K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Lopes J.B., y Costa, N. (2007). The evaluation of modelling Competences: difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education*, 29(7), 811-851.
- Marín, N., y Benarroch, A. (2009). Desarrollo, validación y evaluación de un cuestionario de opciones múltiples para identificar y caracterizar las visiones sobre la naturaleza de la ciencia de profesores en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 89-108.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302
- Muñoz-Campos, V., Cañero-Arias, J., Oliva-Martínez, J.M^a., Blanco-López, A., y Franco-Mariscal, A.J. (2016). Assessment of teacher training students' understanding of the nature of the models. En J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto y K. Hahl (Eds.), *Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future* (p. 799-805). Helsinki: ESERA.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a conceptual framework for new K-12 Science Education Standards. Board on science education, Division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nicolaou, C.T., y Constantinou, C.P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.
- Oh, S.P., y Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., y Cuesta, J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: a study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 751-791.
- Prins, G.T., Bulte, A.M., Van Driel, J.H., y Pilot, A. (2009). Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. *Research in Science Education*, 39(5), 681-700.
- Schwarz, C., y White (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modelling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Solís E., Martín del Pozo, R., Rivero A., y Porlán R. (2013). Expectativas y concepciones de los estudiantes del MAES en la especialidad de Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (Núm. Extraordinario), 496-513. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/16929>
- Soulios, I., y Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science and Mathematics Education*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2016.1186304>
- Treagust, D.F., Chittleborough, G., y Mamiala, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Van Driel, J.H., y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Van Driel, J.H., y Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1141-1154.
- Wei, S., Liu, X., y Jia, Y. (2014). Using Rasch measurement to validate the instrument of students' understanding of models in science (SUMS). *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(5), 1067-1082.