

Visión de los maestros en formación sobre los modelos científicos y sus funciones en las ciencias y en su enseñanza

Primary pre-service teachers' view on models and their uses in science and science education

Beatriz Bravo Torija ⁽¹⁾
y Ester Mateo González ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Autónoma de Madrid

⁽²⁾ Universidad de Zaragoza

Resumen: Este estudio examina la visión de 201 futuros maestros sobre los modelos científicos y sus funciones en ciencias y en su enseñanza. Se diseñó e implementó un cuestionario del que se analizan las respuestas a las siguientes preguntas: ¿Qué se entiende por modelo científico? y ¿Para qué consideras que son utilizados los modelos en ciencias? ¿Y en la enseñanza de las ciencias? Los resultados mostraron que, aunque un 24,5% reconocen que un modelo científico es una representación simplificada de un fenómeno, encontramos que un 22,8% lo consideran como “método” de trabajo de los científicos. En cuanto a sus funciones, un 45,7% identifican los modelos como recursos para explicar, resumir o ejemplificar un contenido o para ayudar al docente a enseñar.

Palabras clave: modelización, formación de profesorado, Educación Primaria, modelo científico.

Abstract: This study examines the view of 201 preservice primary teachers about scientific models and their functions in science and in science education. A questionnaire was designed and implemented from which the answers to the following questions are analysed: What do you understand as a scientific model? Which are the functions of models in science and science education? Results showed that, although 24.5% recognised scientific models as a simplified representation of a phenomenon, 22.8% considered it as a way or “method” in which scientists work. Regarding model’s functions, 45.7% identified models as teachers’ tools to explain and summarise information to their students or tools to help them to teach.

Keywords: modelling, teacher training, primary education, scientific model.

(Fecha de recepción: abril, 2017, y de aceptación: noviembre, 2017)

DOI: 10.7203/DCES.33.10102

1. *Introducción*

En los últimos años, la modelización, entendida como la producción, evaluación y revisión de modelos, ha sido reconocida como uno de los procesos centrales tanto en el desarrollo del conocimiento científico (Gilbert y Boulter, 1998), como en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Harrison y Treagust, 2000). En concreto, en las aulas de Primaria, la modelización proporciona oportunidades al alumnado para interpretar el mundo natural y generar sus propios modelos sobre cómo funciona, siendo quienes los construyen, discuten y contrastan para establecer un modelo consensuado final (Acher, Arca y Sanmartí, 2007).

Esto requiere promover ambientes de aprendizaje donde los estudiantes puedan crear, expresar y probar sus propios modelos (Aragón, Oliva y Navarrete, 2014), reconociendo su potencial para generar nuevas preguntas de investigación, realizar explicaciones y predicciones (Chamizo, 2013). Sin embargo, esto no ocurre en la mayoría de las aulas, debido a que los docentes no recurren a la modelización de forma sistemática (Danusso, Tezta y Vicentini, 2010), y a que cuando lo hacen, tienen dificultades para aprovechar todas sus potencialidades (Raviolo, Ramírez y López, 2010; Khan, 2007).

Autores como Hernández y Pintó (2007) relacionan esta limitación en el uso de los modelos con la percepción del profesorado sobre su naturaleza, ya que parte de los profesores de Educación Secundaria siguen pensando en los modelos científicos como recursos didác-

ticos de los que disponen para demostrar, ilustrar o verificar un conocimiento. Lo que les lleva a prestar más atención a la enseñanza centrada en el contenido, que a la destinada a cuestionar cómo es construido el modelo científico y cuáles son sus propósitos y limitaciones. Autores como Justi y Gilbert (2003) y Torres y Vasconcelos (2017) sugieren que para que se produzca un cambio, es crucial conocer la visión que tienen los docentes sobre qué es un modelo científico y qué funciones desempeña, ya que influye en su práctica docente.

Distintos estudios se han realizado con este objetivo (Oh y Oh, 2011 y Gutiérrez, 2014). La mayoría de ellos centrados en conocer las ideas del profesorado de Primaria y Secundaria en ejercicio y el de Secundaria en formación sobre este tema, siendo casi todos ellos internacionales. Apenas se encuentran trabajos destinados a conocer la visión que presenta el profesorado de Primaria en formación (Everett, Otto y Luera, 2009; Raviolo et al., 2010; Schwarz, 2009). De los identificados, ninguno de ellos ha sido realizado en España, ni presenta una muestra tan amplia de participantes como la de este estudio (201 maestros en formación). Por todo ello, y considerando que para potenciar el desarrollo de la competencia en ciencia y tecnología se requiere un conocimiento sobre cómo introducir las prácticas científicas en el aula, entre ellas la de modelización (Aznar y Puig, 2016), creemos necesario profundizar en el estudio de las ideas que mantienen nuestros futuros maestros sobre qué son los modelos científicos y cuáles son sus funciones, y así cono-

cer sus limitaciones y poder abordarlas específicamente durante su formación. Las preguntas de investigación son:

- ¿Qué entienden los maestros en formación por modelo científico?
- ¿Qué funciones atribuyen a los modelos en las ciencias y en la enseñanza de las ciencias?

2. Marco teórico

En la enseñanza de las ciencias es importante que los alumnos aprendan los conceptos clave de la disciplina, pero también los procesos por los que son generados y justificados (Grandy y Duschl, 2007). Desde esta perspectiva, la modelización cobra especial relevancia al contribuir tanto al aprendizaje de ciencias, como al aprendizaje sobre ciencias y sobre cómo hacer ciencias (Justi, 2006). En concreto, contribuye al *aprendizaje de ciencias*, al ayudar: 1) a la activación del conocimiento previo del alumnado (Megalakaki y Tiberghien, 2011); 2) a la externalización de su razonamiento y la visualización de los componentes de sus teorías (Jonassen, 2004); y 3) a la mejora en su comprensión y adquisición (Blanco Anaya, Justi y Díaz, 2017). Al *aprendizaje sobre ciencias*, al adquirir una visión adecuada de la naturaleza de los modelos y del papel que juegan en el desarrollo del conocimiento científico (Gobert y Pallant, 2004); y al *aprendizaje sobre cómo hacer ciencias*, al promover la realización de explicaciones y predicciones, el diseño de investigaciones y la justificación y comunicación de resultados (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000).

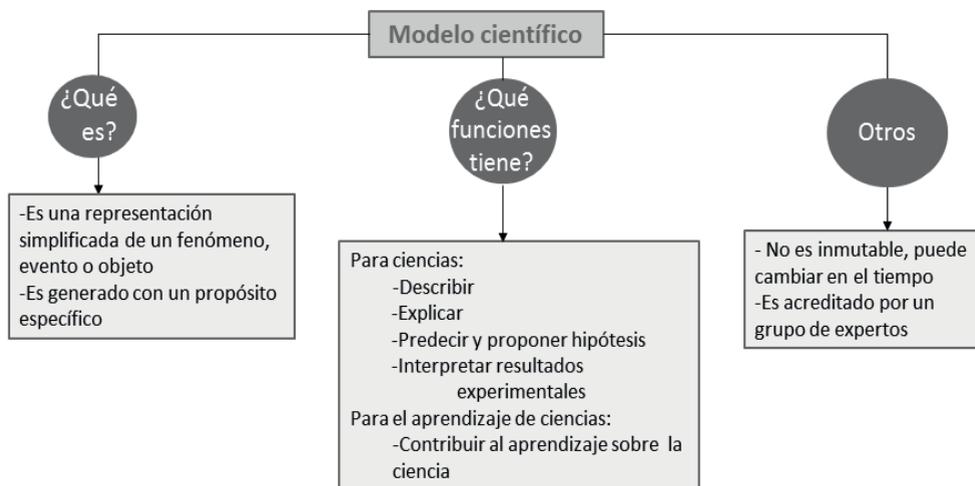
Justi y Gilbert (2002) proponen que para involucrar a los estudiantes en actividades de modelización, los docentes necesitan: a) tener un conocimiento sobre la naturaleza de los modelos, lo que incluye un conocimiento sobre qué es un modelo científico y qué funciones desempeña en el desarrollo del conocimiento científico; b) conocer cómo, cuándo y por qué han introducirse los distintos modelos científicos en el aula; y c) tener las destrezas y el conocimiento necesario para diseñar e implementar actividades de modelización. En este estudio nos centramos en el primer punto de la propuesta al examinar la visión de 201 futuros maestros de Educación Primaria sobre qué es un modelo científico y cuáles son sus funciones en las ciencias y en la enseñanza de las ciencias.

Dado que el término modelo se emplea con multitud de significados (ver Gutiérrez, 2014), en este estudio tomamos como referencia la definición dada por Aduriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), quienes consideran modelo científico como “*una representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando*”. Estos autores califican como modelo “*no solo los modelos abstractos más elaborados, sino también otros tipos de representaciones como las maquetas, las imágenes o las analogías, siempre que habiliten a quien las usa a describir, explicar o predecir dicho sistema*” (p.46). Respecto a sus funciones en las ciencias, en la literatura se han atribuido multitud de funciones (Gutiérrez y Pintó, 2005), en este trabajo tomamos como referencia

Figura 1

Esquema de referencia de qué es y qué funciones tiene un modelo científico

(Fuente: Elaboración propia)



las que aparecen en la definición dada por Aduriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009): las funciones descriptiva, explicativa y predictiva. A estas añadimos la señalada por Smit y Finegold, (1995), de interpretar resultados experimentales. Respecto a la enseñanza de ciencias, además de las anteriores, consideramos al igual que Justi y Gilbert (2002) que comprender qué es un modelo científico, y sus funciones en la construcción y validación del conocimiento científico, juega un papel relevante en el aprendizaje sobre ciencias y por ello la consideramos dentro de nuestro esquema de referencia (Figura 1).

Además de lo anterior, Oh y Oh (2011) señalan otros dos aspectos que caracterizan un modelo científico, que no han sido recogidos en la definición

anterior: que no permanecen inmutables en el tiempo, pudiéndose modificar e incluso rechazar si aparecen datos discordantes o nuevas interpretaciones teóricas; y que han de ser consensuados y acreditados por una comunidad de expertos para ser aceptados (Figura 1).

Estudios anteriores, que analizaron qué entienden profesores de Primaria y Secundaria en ejercicio y profesores de Secundaria en formación por modelo científico, mostraron que la mayoría de ellos poseen una comprensión limitada sobre la naturaleza de los modelos (ver revisión de Oh y Oh, 2011). Por ejemplo, Justi y Gilbert (2003), al realizar entrevistas a 30 docentes de todos los niveles educativos, encontraron que la mayoría de los maestros identificaban un modelo científico como una reproducción de algo

concreto, disminuyendo este porcentaje en los docentes de Secundaria y Universidad. Además, parte de ellos, principalmente profesores de Primaria, consideraban la existencia de un único modelo válido para explicar un fenómeno, el cual permanecía inmutable en el tiempo. Crawford y Cullin (2004) mostraron resultados similares en licenciados de ciencias que se formaban como docentes de Secundaria, sobre todo en cuanto a la consideración de la existencia de un solo modelo. En cuanto a estudios que se han realizado con profesores de Primaria en formación, Raviolo et al. (2010) señalaron que, aunque la mayoría de ellos reconocía que los modelos se relacionan con el fenómeno estudiado y que podían evolucionar con el tiempo, presentaban dificultades para entender que no eran copias exactas de la realidad, sino que solo guardaban semejanzas con ella.

Por último, respecto a qué funciones atribuyen los docentes a los modelos científicos en las ciencias, Van Driel y Verloop (1999; 2002) encontraron que profesores de Secundaria reconocían la función descriptiva y explicativa de los modelos, pero apenas mencionaban la predictiva. Respecto a sus funciones en la enseñanza, tanto Van Driel y Verloop (2002) como Justi y Gilbert (2002) encontraron que para los docentes el potencial de los modelos era mucho más limitado en las ciencias, considerándolos como un recurso para mostrar la teoría al alumnado, simplificándola y facilitando su comprensión. En concreto, Justi y Gilbert (2002) encontraron que especialmente los docentes universitarios insistían en la necesidad de presentar a sus alumnos los modelos científicos con-

siderados “correctos”, sin cuestionarles cómo habían sido construidos o cuáles eran sus limitaciones. Resultados similares fueron identificados por Hernández y Pinto (2007) al preguntar a 14 profesores de Secundaria en ejercicio las ventajas e inconvenientes de introducir aplicaciones de modelización por ordenador en sus aulas. La mayor parte reconocían su eficacia para mostrar el modelo científicamente aceptado a sus estudiantes, pero no para promover su construcción. Por su parte Crawford y Cullin (2004) encontraron que aquellos docentes que expresaban su intención de enseñar utilizando modelos, rehusaban la posibilidad de utilizarlos para enseñar a sus alumnos qué es un modelo. Este aspecto es de gran relevancia, ya que promover el aprendizaje sobre la naturaleza de los modelos, ayuda a los alumnos a aprender sobre ciencia, no solo ciencia.

3. Metodología

Participantes y contexto

Los participantes fueron 201 estudiantes del 3º curso del grado de Magisterio de Educación Primaria, todo ellos pertenecientes a la Universidad de Zaragoza. Los futuros maestros se encontraban cursando la asignatura de Didáctica del Medio Biológico y Geológico en el momento de la realización del estudio.

Elaboración del cuestionario

El cuestionario administrado a los participantes constaba de 5 preguntas

Tabla I
Elaboración del cuestionario

Cuestión	Fuente de datos
1	Adaptado de Justi y Gilbert (2003) y Danusso et al. (2010)
2	Adaptado de Justi y Gilbert (2003) y Danusso et al. (2010)
3	Adaptado de Justi y Gilbert (2003)
4	Adaptado de Driel y Verloop (1999)
5	Elaboración propia

abiertas (anexo). Para su elaboración nos basamos en los trabajos de Danusso et al. (2010), Justi y Gilbert (2003) y Van Driel y Verloop (1999), introduciendo algunas modificaciones (tabla I).

Dadas las preguntas de investigación que dirigen este estudio, ¿Qué entienden los maestros en formación por modelo científico? y ¿Qué funciones le atribuyen en las ciencias y en su enseñanza? se presentan los resultados a las preguntas:

*¿Qué entiendes por modelo científico? y ¿Para qué consideras que son utilizados los modelos en ciencias?
¿Y en la enseñanza de las ciencias?*

Registro y análisis de datos

Los datos recogidos fueron las respuestas de los maestros al cuestionario. Para identificar su procedencia, se les asignó un código, y un número. El análisis de las respuestas se realiza a través de la metodología del análisis del contenido (Bardin, 1996), utilizando herramientas construidas en interacción con los datos proporcionados por los futuros

docentes. Su proceso de construcción fue el siguiente:

1. En primer lugar, a partir del esquema de referencia (figura 1), se identifican los aspectos que caracterizan un modelo científico y sus funciones, y se establecen las categorías iniciales de análisis (tablas II y III).
2. Posteriormente, se analizan las respuestas de los futuros docentes contrastándolas con las categorías establecidas a partir del esquema de referencia. La unidad de análisis escogida para cada una de las preguntas de investigación fue:

Para la primera, qué consideran los futuros maestros como modelo científico, la unidad de análisis es cada uno de los aspectos concretos al que hacen referencia en su definición de modelo, por ejemplo, si consideran modelo científico como una representación simplificada de un fenómeno, o reconocen que ha de ser acreditado por un grupo de expertos para considerarlo válido. En este punto, es necesario indicar que al analizar las respuestas de los estudiantes encontramos que algunos

hacían referencia a un solo aspecto en su definición como MH17 “[un modelo científico es una] *representación de fenómenos o procesos científicos*” y otros que combinaban varios aspectos en una misma definición como MT38 (más adelante). Por ello, cada respuesta se dividió en función del número de aspectos que consideraban los futuros docentes en su definición.

Para la segunda, qué funciones atribuyen a los modelos científicos en las ciencias y en su enseñanza, la unidad es cada una de las funciones que atribuyen al modelo científico. Por ello, las respuestas se dividieron en función de las funciones que identificaban. Encontramos que en ocasiones solo consideraban una función como MH9 “[Un modelo científico sirve] *para estudiar una serie de fenómenos y dar explicaciones de por qué ocurre eso*”, o que relacionaban varias como MT19 “[Un modelo científico sirve] *para analizar, describir, explorar / / predecir, tanto fenómenos como diversas cosas*”.

Debido a que en una misma respuesta se pueden combinar varios aspectos de modelo cuando hacen referencia a qué es un modelo científico, y varias funciones cuando hacen referencia a su utilidad, el número de aspectos o funciones identificadas es superior al número de respuestas dadas por los participantes (tablas II y III).

En este punto, es necesario aclarar que los futuros maestros al responder a la primera pregunta, podían dejar contestada la segunda. Es decir, que

en su definición de modelo científico no solo incluya qué son, sino también qué funciones tienen. Por ejemplo, en MT38 encontramos que el docente define modelo como “[un modelo científico] *es la representación de un fenómeno / / que se centra en aspectos específicos / / cuyo fin es dar respuestas y construir explicaciones de esas preguntas planteadas*”.

Por otra parte, al analizar las respuestas, encontramos que además de los aspectos y funciones señaladas en la figura 1, aparecen otros datos que nos obligan a introducir nuevas categorías. En concreto:

En la primera pregunta de investigación, se añaden seis nuevas categorías entre las que se encuentran modelo científico como ley o teoría, como trabajo de los científicos, o como metodología de enseñanza-aprendizaje (tabla II).

En la segunda, se añaden dos nuevas categorías, una de ellas hace referencia a los modelos como recursos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y en otras se clasifican aquellas funciones no relacionadas con los modelos científicos (tabla III).

3. Para finalizar el proceso, se realizan tres nuevos ciclos de análisis, dos de ellos entre las autoras del trabajo, y el tercero con la participación de dos evaluadoras externas. En cada ocasión el procedimiento seguido fue: a) análisis independiente de las respuestas de los maestros en formación; b) discusión de las diferencias encontradas en los resultados, y redefinición de las categorías; por

Tabla II
Resultados sobre qué consideran como modelo científico*

Categorías	Ejemplos	Frecuencia señalada de cada aspecto (%)
Un modelo científico es:		
Una representación simplificada de un fenómeno	MH17 “[Un modelo científico es] <i>representación de fenómenos o procesos científicos</i> ”	58 24,5%
Generado con un propósito específico	PT30 “[Un modelo científico] <i>concentra la atención en aspectos específicos. Se utiliza para dar respuesta a unas preguntas</i> ”	2 0,8%
Utilizado para realizar descripciones y explicaciones	MZ54 “[Un modelo científico es] <i>aquel que explica cómo y por qué ocurre una cosa basándose en datos o hechos reales</i> ”	50 21,1%
Utilizado para predecir	PH24 “[Un modelo científico es una] <i>manera de predecir utilizando los conocimientos científicos (matemáticas, física, química, biología...) fenómenos y procesos</i> ”	1 0,4%
No es inmutable, puede cambiar con el tiempo	MZ80 “ <i>Este modelo (...) [se encuentra en] continuo cambio pues se van descubriendo nuevas cosas</i> ”	1 0,4%
Acreditado por expertos	MT49 “[Un modelo científico es] <i>algo que se ha comprobado y demostrado científicamente. Por lo tanto esto se considera como válido</i> ”	5 2,1%
<i>Una ilustración, verificación o demostración de conocimientos</i>	MH48 “ <i>un modelo científico es un conjunto de conocimientos teóricos en base a un mismo tema que se utiliza como referente o guía para la enseñanza de conocimientos</i> ”	12 5,1%
<i>Una ley o una teoría</i>	MT39 “ <i>un modelo científico es un conjunto de leyes y reglas científicas relacionadas entre sí</i> ”	9 3,8%
<i>La forma de trabajar los científicos o “método científico”</i>	MT13 “ <i>un modelo científico es una análisis que sigue una serie de pasos para llegar a unas leyes o teorías: observación, hipótesis, experimentación y elaboración de un informe (...)</i> ”	54 22,8%
<i>Un recurso didáctico para el profesorado</i>	MH55 “ <i>son maneras de explicar determinados conceptos o ideas relacionadas con la ciencia para facilitar la comprensión de los procesos</i> ”	11 4,6%
<i>Una metodología de enseñanza-aprendizaje</i>	MZ74 “ <i>lo que entiendo por modelo científico es un ejemplo de metodología a seguir en el cual se considera lo que es mejor para el alumnado</i> ”	27 11,4%
<i>Otras</i>	MZ5 “ <i>entiendo que se trata de un tipo de proceso concreto y analizado comparable con otros</i> ”.	7 3%

* En negrita aparecen los aspectos señalados en el marco de referencia (figura 1), y en cursiva los aspectos identificados por los futuros maestros que no se encuentran contemplados en el esquema de referencia propuesto.

último, c) recodificación de las respuestas en las nuevas categorías. Se consiguió una coincidencia con las evaluadoras externas de un 82% en los resultados relacionados con la primera pregunta de investigación, y un 81% en la segunda. Las discrepancias se discutieron hasta alcanzar un consenso.

4. Resultados

En esta sección, se presentan las categorías de análisis, ejemplificándolas con respuestas de los maestros, y se presentan y discuten los resultados encontrados. Aquellas categorías que hacen referencia a los aspectos y las funciones del modelo científico señalados en el esquema de referencia (figura 1) están en negrita, y el resto que hacen referencia a otros aspectos señalados por los futuros maestros están en cursiva (tabla II).

¿Qué consideran los maestros en formación como modelo científico?

En la tabla II encontramos que dos de los aspectos más reconocidos por los participantes son que un modelo científico es una representación simplificada de un fenómeno (24,5%), y que una de sus funciones es la explicativa (21,1%). Sin embargo, el resto de aspectos como su papel predictivo, la consideración de que cambia con el tiempo o que es generado con un propósito específico, apenas son señalados por los futuros maestros. Esta baja frecuencia es coherente con los resultados encontrados por Justi y Gilbert (2003), quienes mostraron que

apenas eran considerados por los profesores de Primaria en ejercicio.

Otro aspecto de los modelos científicos que para autores como Oh y Oh (2011) es relevante -como que un modelo científico ha de ser acreditado y consensuado, en este caso por la comunidad científica- solo es citado 5 veces por los futuros docentes (2%). Si bien la consideración de la naturaleza cambiante de los modelos sí aparece en estudios anteriores, aunque sea en una baja proporción, la importancia de consensuar y acreditar un modelo aparece casi por primera vez en este estudio, aunque sea en baja proporción.

Los resultados obtenidos podrían relacionarse con la manera en que son presentados los modelos científicos en el aula. Es difícil que los alumnos, entre ellos los maestros en formación, puedan considerar la dinamicidad de los modelos, si raramente se proporcionan oportunidades para discutir cómo surge un modelo científico determinado qué cambios ha sufrido y quién los realizó. Por lo que sugerimos, al igual que Ravio-lo et al. (2010), que se deben realizar actividades de formación donde estos aspectos sean cuestionados de forma explícita, por ejemplo, partiendo de modelos concretos que se trabajan en Educación Primaria, abordando cómo ha sido su evolución histórica, qué cambios se han producido, quienes los han realizado, y por qué.

En cuanto a los aspectos identificados que no se encuentran contemplados en el esquema de referencia propuesto (figura 1), encontramos concepciones muy diversas; desde las que equiparan los modelos científicos con la forma

de trabajar de los científicos (22,8%), a las que consideran los modelos como ejemplificaciones o ilustraciones de conocimientos científicos (5,1%) o como recursos didácticos para los docentes (4,6%). Mientras que las referencias a los modelos como ilustraciones o demostraciones de conocimientos o como ejemplos a seguir han aparecido frecuentemente en estudios anteriores (Henze y Van Driel, 2011; Oh y Oh, 2011), la idea de modelo como forma o “método” de trabajo de los científicos solo la hemos encontrado en los trabajos de Gutiérrez (2014) con profesorado de Secundaria en ejercicio, en concreto en aquellos que pertenecían a distintas áreas de conocimiento, la frecuencia con que consideraban modelo científico como método científico es muy similar a la de este estudio, y Raviolo et al. (2010) con profesorado de Primaria en formación, pero con un porcentaje menor.

Otro aspecto que también ha sido señalado en los estudios anteriores, y que aparece en nuestro estudio, es el uso inadecuado de palabras afines con la palabra modelo como ley o teoría (3,8%) o metodología de enseñanza-aprendizaje (11,4%). Atribuimos esta confusión a tres posibles causas: la primera relacionada con que no existe un consenso claro sobre qué son los modelos científicos, lo que puede confundir al alumnado y también al profesorado (Harrison y Treagust, 2000); la segunda asociada con la polisemia de la palabra modelo, este término es utilizado en contextos muy diferentes, en los que el significado que se le asigna no se hace explícito. Por ello, no es de extrañar que existan futuros maestros que consideren mode-

lo científico como modelo o metodología de enseñanza-aprendizaje; y la tercera relacionada con la experiencia previa de los docentes en sus clases de ciencias. En ocasiones, términos como ley, teoría o modelo se utilizan indistintamente en el aula, a pesar de ser diferentes tipos de conocimientos (Lederman, Abd-el-Khalick, Bell y Schwartz, 2002).

¿Qué funciones atribuyen a los modelos científicos?

En la tabla III, se observa que la función reconocida por una mayor parte de los maestros en formación es la función elaborar descripciones y explicaciones sobre un fenómeno (19,5%). Tras ésta, aunque en menor medida destacan las funciones de utilizar los modelos para predecir y proponer hipótesis (5,7%) y para interpretar resultados experimentales (5,5%). Esta baja frecuencia en el reconocimiento de la función predictiva ya ha sido señalada por Danusso et al. (2010) en trabajos con profesorado de Secundaria en ejercicio y en formación.

Por otra parte, un 45,7 % de las funciones identificadas se centran en el uso de los modelos como recurso didáctico para apoyar el aprendizaje y la enseñanza. Tanto en la categoría elaborar descripciones y explicaciones como en la categoría recurso didáctico de apoyo al aprendizaje y a la enseñanza, se hace referencia a que los modelos científicos son utilizados para explicar; sin embargo, consideramos que existe una diferencia entre ellas en función del papel que adoptan el alumnado y el profesorado durante el proceso. En otras palabras, mientras que en la elaboración de

Tabla III
Resultados sobre cuáles son las funciones de los modelos*

Categorías	Ejemplos	Frecuencia señalada de cada función (%)
Predecir y proponer hipótesis	PZ72 <i>“para realizar hipótesis y contrastarla”</i>	18 (5,7%)
Elaborar descripciones y explicaciones	PH9 <i>“para estudiar una serie de fenómenos y dar explicaciones de por qué ocurre eso”</i>	61 (19.5%)
Interpretar resultados experimentales	PZ13 <i>“se trata de observar, investigar, analizar, verificar y extraer conclusiones”</i>	17 (5,5%)
<i>Recurso didáctico: apoyo al aprendizaje y a la enseñanza</i>	PH27 <i>“método de explicación para justificar un hecho y facilitar el aprendizaje”</i> PZ26 <i>“para que el alumnado comprenda mejor el campo a trabajar”</i>	144 (45.7%)
<i>Otras</i>	PH35 <i>“para que el aprendizaje sea más significativa”</i>	74 (23.5%)

* En negrita aparecen los aspectos señalados en el marco de referencia (figura 1), y en cursiva los aspectos identificados por los futuros maestros que no se encuentran contemplados en el esquema de referencia propuesto.

explicaciones sobre un fenómeno son los alumnos quienes utilizan los modelos para explicar el fenómeno estudiado, en el uso del modelo como recurso, es el profesorado quien los utiliza como algo que considera útil para resumir información, ejemplificarla o presentarla de forma “sencilla” al alumnado como muestra el ejemplo MH39 “[Un modelo científico es utilizado para] explicar de forma rápida una idea” o el MH26 “[los modelos] suelen presentarse de manera muy visual, esquematizando y resumiendo la información”. Estos resultados también fueron reconocidos por Crawford y Cullin (2004), Schwarz y Gwekwere (2007) y Henze y Van Driel (2011), quienes identificaron que docentes de Primaria y Secundaria en activo y en formación atribuían a los modelos

científicos la función de método para enseñar o aprender algo. Por último, se encuentran aquellas respuestas que hacen referencia a funciones que son demasiado generales para clasificarlas dentro de las categorías anteriores (23.5%), por ejemplo, PZ90 “[Un modelo científico es utilizado] para conocer el mundo que nos rodea”.

En relación a la función de entender cómo el conocimiento sobre la naturaleza de los modelos contribuye al aprendizaje sobre ciencia, esta no es identificada por los futuros docentes. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Justi y Gilbert (2002) y Torres y Vasconcelos (2017) quienes mostraron que solo una minoría del futuro profesorado de Secundaria reconocía la oportunidad de trabajar la naturaleza de

la ciencia, y el papel de los modelos en ella. De hecho, como señalan Van Driel y Verloop, (2002) en muchos casos los profesores de ciencias utilizan modelos para enseñar ciencias sin darse cuenta del valor que tienen para el aprendizaje sobre ciencia.

Al analizar si los futuros maestros diferencian las funciones de los modelos en ciencias y en didáctica de ciencias, a pesar de hacer dos preguntas distintas (*¿Para qué consideras que son utilizados los modelos en ciencias? ¿Y en la enseñanza de las ciencias?*), únicamente el 48% de los participantes especifican funciones de los modelos en ciencias y en didáctica de las ciencias. En cuanto a los que han distinguido entre las funciones propias de las ciencias y de la enseñanza de las ciencias, se observa que en la mayoría de los casos (77,3%) la función que asignan a los modelos en la enseñanza es como recurso didáctico como muestra PZ61 “[Un modelo científico es utilizado] *para orientarnos sobre cuáles pueden ser las bases desde donde partir para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje teniendo en cuenta las características de los alumnos y su entorno*”. Respecto al resto de funciones identificadas, en un 22% de los casos se asignan principalmente funciones de descripción y explicación de los modelos, sin considerar funciones propias de la enseñanza de las ciencias como entender su importancia en la comprensión de la naturaleza de la ciencia.

Por último, para completar el análisis examinamos la relación entre la definición de modelo proporcionada por los maestros en formación y las funciones atribuidas. Encontramos que solo

un 14% de los que proporcionan definiciones de modelo científico que consideran al menos uno de los aspectos que caracterizan a los modelos científicos, le atribuyen funciones como la descriptiva, la explicativa o la predictiva. El resto, o bien consiguen proporcionar definiciones adecuadas o atribuir funciones propias de la modelización, pero no combinan ambas (42%). Llegando un 44 % a no identificar ni qué es un modelo científico, ni cuáles son las funciones adecuadas. En base a estos resultados creemos que podría existir una relación entre ambas, y consideramos que se debería seguir profundizando en su estudio. Para ello, consideramos necesario trabajar ambas dimensiones, estudiando cómo la comprensión de una influye en la otra.

5. Conclusiones e implicaciones educativas

Tras analizar los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el conocimiento de los maestros en formación de Educación Primaria respecto a qué son los modelos científicos y qué funciones se le atribuyen, tanto en las ciencias como en su enseñanza, es limitado. Al definir modelo científico, solo un 49,3% de los aspectos identificados por los futuros docentes corresponden con alguno de los señalados en la literatura (Aduriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009; Justi y Gilbert, 2002; Oh y Oh, 2011), el resto hacen referencia a otros aspectos, algunos de ellos ya señalados en la literatura como método científico o metodología de enseñanza-aprendizaje. En concreto, en cuanto a la definición

de modelo científico encontramos que un 22,8% de los futuros maestros equiparan modelo científico como “método” de trabajo de los científicos. Esta idea apenas había aparecido en la literatura, y en el caso de que lo hubiera hecho en mucha menos proporción que en nuestro trabajo. Por ello creemos necesario profundizar en el conocimiento de estos futuros maestros para conocer cuál es su origen y poder trabajarlo de forma concreta durante su formación. En relación a las funciones, es de destacar que solo un 30,7% de las funciones identificadas se relacionan con las propias de los modelos (figura 1), destacando la descriptiva y la explicativa. El 45,7% restante hacen referencia a los modelos como recursos didácticos para ayudar a entender un concepto.

Si comparamos estos resultados con los obtenidos en estudios anteriores (ver revisiones como Oh y Oh, 2011, y Gutiérrez, 2014) encontramos que estos resultados son muy similares a los encontrados en el resto de trabajos, independientemente de si se han realizado con profesorado en ejercicio, ya sea de Primaria o de Secundaria, o con profesorado en formación. Tampoco encontramos grandes diferencias en función del país en el que se realiza el estudio, quizá lo único a destacar es que tanto en nuestro trabajo como en el de Gutiérrez (2014), realizado también en España, la proporción de participantes que consideran modelo científico como método científico es mayor que en el resto de estudios. Esto nos lleva a considerar que es necesario conocer cómo se están presentando los modelos para

conocer la razón por la que los docentes establecen esta equivalencia.

Insistimos en que sigue existiendo una necesidad de proporcionar oportunidades a los maestros para que a la vez que construyen y utilizan modelos, consideren qué funciones se promueven en cada paso y qué importancia tienen en la construcción de los modelos por sus futuros estudiantes. Para ello, es necesario desarrollar programas de formación donde se implique a los futuros docentes tanto en el conocimiento de los principales modelos científicos abordados en Educación Primaria, como en el conocimiento sobre qué son los modelos, qué características presentan y qué funciones desempeñan en la generación y validación del conocimiento.

Autores como Raviolo et al. (2010) proponen realizar actividades como: 1) analizar distintos ejemplos de modelos para identificar las características que tienen en común; 2) construir y reformular modelos, reflexionando sobre sus propósitos; o 3) explicar y predecir fenómenos concretos con modelos contruidos por los alumnos, considerando las limitaciones que presentan. En nuestro caso, los resultados obtenidos además de permitirnos conocer las ideas de los maestros en formación sobre los modelos y la modelización, nos ayudaran a diseñar e implementar actividades de formación que se ajusten a las necesidades que presentan. Por ello, este estudio no se presenta como un trabajo final, sino como un punto de partida para un estudio más amplio que implicará:

- a. Una reelaboración del cuestionario inicial, revisando las preguntas e incluyendo la realización de entre-

vistas semiestructuradas para aclarar aquellas respuestas en las que sea necesario precisar su significado. Por ejemplo, cuando los participantes hagan referencia a la función explicativa del modelo, solicitar que precisen si es desde el punto de vista del profesor, es decir que lo consideraban como una herramienta para explicar el contenido teórico a los alumnos, o si es desde el punto de vista del alumno, que sean ellos quienes utilizan el modelo para explicar cómo funciona el fenómeno. Reconocemos que no disponer de estas entrevistas supone una limitación al estudio presentado, aunque esperamos que los resultados ofrecidos puedan servir para poder reflexionar sobre la formación del futuro profesorado de ciencias.

- b. Una ampliación del análisis del cuestionario completo, en el que también se incluirán los resultados en cuenta a: qué características atribuyen los estudiantes a los modelos científicos, y qué consideran como modelo en base a ella, distinguiendo entre fotografías, maquetas, esquemas etc.; cómo se debe trabajar con ellos; y qué limitaciones encuentran en su formación. Esto nos permitiría tener una idea más completa de lo que asignan como modelo y de su conocimiento sobre cómo se debe introducir en el aula. Los resultados en relación a este último punto han sido publicados en Bravo-Torija et al. (2015).
- c. Una mayor participación de los maestros en formación en actividades de modelización, así como un segui-

miento de su comprensión sobre la naturaleza de los modelos. Esta comprensión implicará un conocimiento de los principales modelos teóricos utilizados en Educación Primaria, y también un conocimiento sobre qué son los modelos, qué características presentan y qué funciones tienen.

Para ello, se diseñará e implementará una secuencia que combine actividades de construcción, uso y evaluación de modelos científicos, en concreto sobre el modelo de mineral, con actividades de reflexión sobre la naturaleza de los modelos científicos. Para ello, se utilizará como referencia el marco de trabajo sobre modelización diseñado por Justi (2006) y aplicado en el trabajo de Blanco Anaya et al. (2017). En cada actividad se abordará una nueva idea del modelo de mineral, a la vez que se consideran aspectos de los modelos científicos difíciles de identificar por el profesorado. En concreto, la secuencia que se propone (Bravo-Torija et al., 2016), implicará a los futuros docentes en: 1) la elaboración de su propio modelo científico de mineral, haciendo explícitas sus ideas sobre qué es, qué propiedades tiene y cuáles son sus usos en función de sus propiedades; 2) la aplicación de estos contenidos para conectar y explicar cómo la estructura y la composición química del mineral definen sus propiedades, y a su vez sus usos, considerando el alcance y las limitaciones que presentan sus modelos; y 3) la evaluación y reelaboración de estos modelos en cada actividad, justificando los cambios. Durante todo el proceso se solicitará hacer explícito cómo el conocimiento adquirido al realizar las tareas contribuye a la mejora de su modelo ini-

cial. Al final de la secuencia se dedicará una sesión a considerar la contribución sobre los modelos científicos a la enseñanza de las ciencias. Dado que, si los docentes reconocen esta contribución, serán capaces de involucrar a sus estudiantes en este tipo actividades (Justi y Gilbert, 2002).

6. Referencias bibliográficas

- ACHER, A., ARCÁ, M. y SANMARTÍ, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in primary education. *Science Education*, 91, 398-418. DOI: 10.1002/sc.20196
- ADURIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009). Un modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(3), 40-49.
- ARAGÓN, M. M., OLIVA, J. M. y NAVARRETE, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías entorno al cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 337-356. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.1193
- AZNAR, V. y PUIG, B. (2016). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 33-52. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.1670
- BLANCO ANAYA, P., JUSTI, R. y DÍAZ, J. (2017). Challenges and opportunities in analysing students modeling. *International Journal of Science Education*, 39(3), 377-402. DOI: 10.1080/09500693.2017.1286408
- BARDIN, L. (1996). *El análisis del contenido*. 2ª edición. Madrid: Akal.
- BRAVO, B., MAZAS, B., ARAGÜES, A., SÁEZ, M. J. y DE ECHAVE, A. (2015). ¿Cómo trabajar con modelos en clase de ciencias? Ideas de los maestros en formación sobre el papel de la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia Creativa*, monográfico, 43-48.
- BRAVO-TORIJA, B., MATEO-GONZÁLEZ, E., MAZAS-GIL, B., LUCHALÓPEZ, P. y MARTÍNEZ-PEÑA, B. (2016). *Promover la competencia de modelización a través de la construcción del modelo de mineral*. Comunicación presentada en el XIX Simposio sobre Enseñanza de Geología, 11-16 de julio, Tarrasa (España).
- CHAMIZO, J. A. (2003). A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science & Education*, 22(10), 1613-1632.
- CRAWFORD, B. y CULLIN, M. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1379-1401. DOI: 10.1080/09500690410001673775
- DANUSSO, L., TESTA, I. y 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
- EVERETT, S., OTTO, C. y LUERA, G. (2009). Preservice elementary teachers' growth in knowledge of models in a Science capstone course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1201-1225.
- GILBERT, J. K. y BOULTER, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. En B. J. Fraser y K. G. Toben. (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp.53-66). Dordrecht: Academic Publisher.
- GILBERT, J. K., BOULTER, C. J. y ELMER, R. (2000). En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-18). Dordrecht: Kluwer.
- GOBERT, J. D. y PALLANT, A. (2004). Fostering students' epistemologies of models via authentic model-based tasks. *Journal of Science Education & Technology*, 13(1), 7-22.
- GRANDY, R. y DUSCHL, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science & Education*, 16, 141-166. DOI 10.1007/s11191-005-2865-z
- GUTIÉRREZ, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13), 37-66.
- GUTIÉRREZ, R. y PINTÓ, R. (2005). Teachers' conceptions of scientific model. Results from a preliminary study. In R. Pintó y D. Couse (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science* (pp. 866-868). Spain.
- HARRISON, A. G. y TREAGUST, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. DOI: 10.1080/095006900416884
- HENZE, I. y VAN DRIEL, J. H. (2011). Science teachers' knowledge about learning and teaching models and modeling in Public Understanding of Science. En M. S. Khine y I. M. Saleh (Eds.), *Models and Modeling. Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 239-261). New York: Springer.
- HERNÁNDEZ, M. I. y PINTÓ, R. (2007). Teachers' perceptions of computer modelling applications. Comunicación presentada en ESERA, Malmö, Suecia.
- JONASSEN, D. H. (2004). Model building for conceptual change: using computers as cognitive tools, 4 Congress ETTIE, October, University of Athens.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- JUSTI, R. y 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
- JUSTI, R. y GILBERT J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386. DOI: 10.1080/0950069032000070324
- KHAN, S. (2007). Model-based inquiries in Chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905. DOI: 10.1002/sce.20226
- LEDERMAN, N., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. y SCHWARTZ, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- MEGALAKAKI, O. y TIBERGHIE, A. (2011). A qualitative approach of modelling activities for the notion of energy. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(1), 157-182.
- OH, P. S. 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. DOI: 10.1080/09500693.2010.502191
- RAVILO, A., RAMÍREZ, P. y LÓPEZ, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 581- 612.
- SCHWARZ, C. V. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744. DOI: 10.1002/sce.20324.
- SCHWARZ, C. V. y GWEKWERERE, Y. N. (2007). Using guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186. DOI: 10.1002/sce.20177.
- SMIT, J. J. y FINEGOLD, M. (1995). Models in physics: Perceptions held by final-year prospective physical Science teachers studying at South Africa universities. *International Journal of Science Education*, 17(5), 621-634. DOI:10.1080/0950069950170506
- 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.
- 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. DOI: 10.1080/095006999290110
- VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in Science Education. *International Journal of Science Education*, 24(2), 1255-1272. DOI: 10.1080/09500690210126711

Anexo

Cuestionario

1. ¿Qué se entiende por modelo científico?

2. ¿Para qué consideras que son utilizados los modelos en ciencias? ¿Y en la enseñanza de las ciencias?

3. De los siguientes ejemplos que se presentan para trabajar el ciclo del agua, o parte de él ¿Qué modelo, o modelos, te parece más adecuado? ¿y por qué?

- Fotografía de un río o su desembocadura (se proporciona la fotografía del delta del Ebro)
- Analogía sobre cómo se forma una nube, y cómo llueve, ver vídeo en el enlace <http://www.youtube.com/watch?v=MoYBGYAsXdI>
- Maqueta sobre el ciclo del agua en que se representan todos sus elementos. Fuente: <http://cienciaslacoma.blogspot.com.es/2013/04/maqueta-el-ciclo-del-agua.html>.
- Video sobre el ciclo del agua, ver: <http://www.youtube.com/watch?v=rowNrUS7mEI>.
- Dibujo del ciclo del agua presente en un libro de texto de Educación Primaria.

4. ¿Cómo consideras que se ha de trabajar con los modelos en la enseñanza de las ciencias? Escoge

las opciones que consideres adecuadas y justifica por qué:

- Se deben utilizar los modelos para la resolución de problemas, llevando a cabo predicciones y explicaciones en base a estos.
- Se debe promover la construcción de modelos a partir de la observación de un fenómeno determinado.
- Se debe proporcionar modelos que resumen la información que queremos presentar al alumnado.
- Se deben comparar y discutir distintos modelos de un mismo fenómeno viendo las limitaciones de cada uno de ellos.
- Se deben revisar modelos en base a las pruebas obtenidas, por ejemplo, en el caso de llevarse a cabo trabajos experimentales.
- Se deben presentar los modelos adecuados al alumnado que ayuden a explicar un fenómeno determinado, facilitando su comprensión.
- Se deberían utilizar modelos para facilitar la transferencia de lo aprendido de unos contextos a otros.

5. Relacionado con tu propia práctica, ¿Qué consideras que necesitarías saber como docente sobre los modelos para la enseñanza de las ciencias?