

Creencias de los estudiantes de educación secundaria sobre la naturaleza de la ciencia y los modelos científicos: un estudio transversal

Secondary education students' beliefs about the nature of science and scientific models: a cross-sectional study

OLGA PARDO MARÍN¹

polgueta@gmail.com

JOAN JOSEP SOLAZ-PORTOLÉS

Joan.Solaz@uv.es

VICENTE SANJOSÉ LÓPEZ

Vicente.Sanjose@uv.es

Universitat de València, España

Resumen:

En este trabajo se lleva a cabo un estudio exploratorio de las creencias de los estudiantes de secundaria de distintos niveles académicos sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de los modelos científicos. Se cumplimentó un cuestionario cuyos ítems están vinculados tanto a la naturaleza, elaboración y validación del conocimiento científico, como a la naturaleza, función, formulación y validación de los modelos científicos. Participaron 216 estudiantes de ESO y Bachillerato (entre 12 y 18 años). De las puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes y del ANOVA efectuado puede concluirse que: a) los conocimientos sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de

Abstract:

This exploratory study examines the beliefs of secondary school students at different academic levels regarding the construction and nature of scientific knowledge and scientific models. To this end, a questionnaire was administered to 151 secondary school students in grades 8-12 (ages 12-18). Items included in the questionnaire relate both to nature, elaboration and validation of scientific knowledge and to nature, role, formulation and validation of scientific models. Based on the scores obtained by students and the analyses of variance undertaken, it can be concluded that: a) students' knowledge about the nature of science and scientific models is not epistemologically appropriate and does

1 Dirección para correspondencia (correspondence address):

Olga Pardo Marín. Departament de Química Analítica. Universitat de València, Burjassot (España).

los modelos científicos no son los más adecuados epistemológicamente y no se alteran con la formación académica; b) las ideas sobre modelos científicos son significativamente mejores que en el caso de la construcción del conocimiento científico, independientemente del curso que se trate; y c) sobrevaloran la observación y la experimentación en los procesos de construcción del conocimiento científico.

Palabras clave:

Naturaleza de la ciencia; conocimiento científico; modelos científicos; ideas de los estudiantes; educación secundaria.

not improve the higher academic level is; b) students' ideas about scientific models are significantly better than ideas about the construction of scientific knowledge, regardless of academic level; and c) students tend to overvalue the role of observation and experimentation in the processes of scientific knowledge construction.

Key words:

Nature of science; scientific knowledge; scientific models; students' ideas; secondary school.

Résumé:

Dans ce travail on réalise une étude exploratoire des croyances des étudiants de secondaire dans différents niveaux académiques (années de formation) sur la construction et la nature de la science et des modèles scientifiques. On a administré un questionnaire dont les items sont liés à la nature, l'élaboration et la validation de la connaissance scientifique, et à la nature, fonction, formulation et validation des modèles scientifiques. Ont participé 216 étudiants de l'enseignement secondaire obligatoire et du Baccalauréat (entre 12 et 18 ans). Sur la base des résultats moyens obtenus par les étudiants et de l'ANOVA effectué, il peut être conclu que: a) les connaissances sur la construction et la nature de la science et des modèles scientifiques ne sont pas les plus appropriées épistémologiquement et ne s'altèrent pas avec la formation académique; b) les idées sur les modèles scientifiques sont significativement meilleures que dans le cas de la connaissance scientifique, indépendamment de l'année du niveau secondaire; et c) les étudiants surestiment l'observation et l'expérimentation dans les processus de construction de la connaissance scientifique.

Mots clés:

Nature de la science; connaissance scientifique; modèles scientifiques; idées des étudiants; enseignement secondaire.

Fecha de recepción: 2-4-2017

Fecha de aceptación: 26-3-2018

Introducción

Existe un amplio consenso en la actualidad en reconocer que saber cómo se elabora el conocimiento científico y sus características ha de ser un objetivo básico en la educación científica, y así queda recogido en la literatura (Bell, Blair, Crawford y Lederman, 2003; Dogan y Abd-El-Khalick, 2008; Osborne, Collins, Ratcliffe, Miller y Duschl, 2003; Smith, Maclin, Houghton y Hennessey, 2000). Se pueden encontrar diversas razones que justifican el objetivo de que los estudiantes conozcan la naturaleza de la ciencia. Así, Carey y Smith (1993) apuntan que mejora las actitudes hacia la ciencia, sitúa a la metodología científica como factor clave en la construcción del conocimiento científico, y promueve el pensamiento crítico y el cambio conceptual en los estudiantes. De acuerdo con Smith *et al.* (2000) puede contribuir a mejorar el aprendizaje de las ciencias, a incrementar la capacidad para argumentar, y a la formación de ciudadanos con capacidad de comprender cuestiones cruciales de la ciencia y los valores asociados a los procesos y conocimientos científicos. Por último, Sandoval (2005) señala que ayuda a los estudiantes en un contexto de aprendizaje de las ciencias basado en la indagación, y que facilita la alfabetización científica de los ciudadanos para que puedan tomar decisiones e interpretar los nuevos avances científicos y/o tecnológicos que tienen influencia en sus vidas.

No es de extrañar, por tanto, que el consejero delegado de la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) haya subrayado que la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NdC, en adelante) es muy importante en la educación científica básica (Perking-Gough, 2007). Esta misma idea ha sido defendida por la OCDE (OECD, 2006). Además, se considera que los conocimientos sobre la NdC son uno de los componentes básicos de la alfabetización científica y tecnológica (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Holbrook y Rannikmae, 2007).

En el ámbito iberoamericano son escasos los estudios cuantitativos que analicen, a lo largo de la educación secundaria, la influencia de la formación sobre las concepciones de los estudiantes sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico y de los modelos científicos. Por ello, en este trabajo pretendemos llevar a cabo una primera aproximación a esta cuestión con una pequeña muestra de estudiantes españoles, concretamente valencianos. Se quiere analizar, pues, cómo afecta la formación recibida a lo largo de la educación secundaria a las

ideas sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico y de los modelos científicos de una pequeña muestra de estudiantes valencianos. Asimismo, se pretende examinar las diferencias entre las ideas de los estudiantes sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico y de los modelos científicos, y la influencia del curso y nivel de secundaria de los estudiantes sobre estas diferencias. Por último, indicar que también es un objetivo de este estudio conocer el peso que otorgan los estudiantes al papel de la observación y de la experimentación en la ciencia.

Marco teórico

En la revisión llevada a cabo por Lederman (1992) se muestra que los estudiantes de diferentes edades y países tienen ideas inapropiadas sobre la NdC, independientemente de la metodología o instrumento utilizado por los investigadores. Más tarde, Dogan y Abd-El-Khalick (2008) comprobaron que tanto los estudiantes de enseñanza secundaria en Turquía como sus profesores sostienen concepciones *naïve* sobre la NdC, entendiendo como tales aquellas visiones sobre la NdC que son inconsistentes con los estudios actuales de filosofía, historia y/o sociología de la ciencia. Por su parte, Bell *et al.* (2003) concluyeron que a pesar de someter a los estudiantes a un período de formación específico de ocho semanas, sus concepciones sobre aspectos clave de la NdC permanecían inalteradas y fundamentadas en una epistemología inadecuada. Tampoco Sandoval y Morrison (2003) consiguieron cambiar las creencias epistemológicas inapropiadas de los estudiantes sobre el conocimiento científico tras una intervención de cuatro semanas. El trabajo de Kang, Scharmann y Noh (2005) confirma que el nivel académico de estudiantes de secundaria de distintos cursos no comporta cambios sustanciales en las ideas acerca de la NdC.

En los estudios realizados en España por Vázquez y Manassero (1999a, 1999b) sobre la visión de los estudiantes de diferentes etapas educativas de las características del conocimiento científico, en todas las cuestiones planteadas aparece un porcentaje destacable de estudiantes con enfoques deficientes. En un trabajo posterior, mediante un cuestionario de opiniones sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad, han encontrado en los estudiantes ideas más apropiadas, si bien en algunos aspectos relaciona-

dos con la NdC continúan observándose claras deficiencias (Vázquez-Alonso, García-Carmona, Manassero-Mas y Bennàssar-Roig, 2014). Por otro lado, se ha comprobado que, en general, los libros de texto de ciencias que se utilizan en las aulas de la educación secundaria en España ofrecen una visión distorsionada y defectuosa de la NdC y de la historia de la ciencia (Solaz-Portolés, 2010).

Una cuestión que indefectiblemente aparece en todas estas investigaciones sobre la NdC es la del papel y funciones que desempeñan los modelos científicos en la ciencia. Naturalmente, esto no es de extrañar, ya que “cuando los científicos desean apresar la realidad comienzan por idealizarla y elaborar un objeto modelo o modelo conceptual del sistema o fenómeno objeto de estudio” (Solaz-Portolés, 2012, p.3). En opinión de Schwarz y White (2005), dado que los modelos y los procesos de modelización son fundamentales en la construcción del conocimiento científico, el aprendizaje sobre la naturaleza y utilidad de los modelos científicos, así como la participación en los procesos de creación y puesta a prueba de modelos, deberían ser el foco central de la educación científica. Schwarz *et al.* (2009) muestran que los estudiantes de 5º y 6º grado (10 y 11 años) implicados en tareas instruccionales de modelización (formulación de modelos) pasaron de formular modelos ilustrativos a modelos explicativos, modificaron su concepción de la naturaleza y función de los modelos desde una visión de los modelos como correctos o incorrectos hacia una que valora su poder explicativo sobre un determinado fenómeno. Windschitl, Thompson y Braaten (2008) llegan a plantear una nueva metodología de enseñanza de las ciencias, que denominan metodología de indagación basada en modelos, que defiende la inmersión de los estudiantes en procesos de construcción de conocimiento científico en donde las ideas se representan en forma de modelos que son contrastables, revisables, explicativos, conjeturales y generativos.

La importancia epistemológica y didáctica de los modelos científicos ha hecho que algunos estudios se centren exclusivamente en las concepciones que sobre ellos tienen los estudiantes de secundaria (Grosslight, Unger, Jay y Smith, 1991; Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2002). En ellos se constata que los estudiantes tienen visiones sobre la naturaleza de los modelos lejanas de considerarlos como construcciones hipotéticas y heurísticas que intentan aproximarse a la realidad pero no la copian. También se ha analizado cómo se presentan los modelos cien-

tíficos en los libros de texto de educación secundaria (Solaz-Portolés, Sanjosé y Civera, 2012), comprobándose que, en ocasiones, se muestran algunas de sus características generales y de sus posibilidades de manera correcta. Esto es, en algunos libros de texto se presentan los modelos atómicos de una forma bastante adecuada desde el punto de vista histórico y epistemológico.

Destacar que, como se apunta en el trabajo de Fernández, Cachapuz, Carrascosa, Gil y Praia (2002), una de las concepciones sobre la NdC más estudiada y criticada en la literatura es la que resalta el papel de la observación y la experimentación en los procesos construcción del conocimiento científico, dejando de lado la función primordial de las hipótesis y de las teorías que guían dichos procesos. De hecho, como confirman Bell *et al.* (2003), los estudiantes tienden a enfatizar en exceso la naturaleza empírica de la ciencia en las leyes y teorías. Esto es fácil de entender porque, tal y como se muestra Blachowicz (2009), los libros de texto de la Educación Secundaria suelen ofrecer una visión empirista y simple del trabajo que hacen los científicos.

No podemos dejar de señalar que los trabajos de Khishfe (2008) y de Yacoubian y Boujaoude (2010) ponen de relieve que la utilización de una metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación da buenos resultados en la mejora de las ideas de los estudiantes sobre la NdC. Esto concuerda con la propuesta realizada por Windschitl *et al.* (2008), y citada anteriormente, para el caso de los modelos científicos. Por último, mencionar el artículo de Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2017), en donde se presentan diferentes juegos que permiten una aproximación a las características de la NdC y, aunque no se ofrecen resultados de su eficacia, es una sugerencia didáctica innovadora que merece la pena tener en consideración.

Hipótesis

Como se ha visto anteriormente, diversas investigaciones ponen en evidencia que las concepciones de los estudiantes de secundaria en relación con la elaboración y características del conocimiento científico y los modelos científicos no suelen ser apropiadas. Además, el tratamiento que se hace en los libros de texto tampoco parece ser el más adecuado, en particular en aquellos aspectos relacionados con la construcción

y naturaleza de la ciencia. Por otra parte, como muestra específicamente el estudio de Kang *et al.* (2005), dichas concepciones no cambian sustancialmente en cursos diferentes de la educación secundaria. En consecuencia, la primera hipótesis sostiene que los conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de los modelos científicos no se ajustarán a las ideas sobre la epistemología de la ciencia que defiende la comunidad científica, y no se alterarán de manera significativa con el nivel académico.

El tema de modelos atómicos es recurrente a lo largo de la educación secundaria española y, como se ha dicho, en algunos libros de texto se presentan de una forma bastante ajustada a los criterios defendidos por la comunidad científica. Asimismo, se ha indicado ya que los libros de texto presentan notorias deficiencias en ideas sobre epistemología e historia de la ciencia. Por ello, la segunda hipótesis defiende que las ideas de los estudiantes de secundaria sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico estarán más alejadas de la epistemología que en el caso de la construcción y naturaleza de los modelos científicos.

Anteriormente se han mencionado estudios que apuntan hacia la sobrevaloración que hacen los estudiantes de educación secundaria del papel de la observación y la experimentación en la actividad de los científicos. Está justificado, por tanto, que la tercera hipótesis afirme que los estudiantes de secundaria tenderán a darle un excesivo peso a la observación y a la experimentación en los procesos de construcción del conocimiento científico.

Metodología

Diseño experimental

Se trata de un diseño transaccional o transversal descriptivo. La variable independiente es el nivel académico (curso) de los estudiantes de educación secundaria. Las variables dependientes son: a) los conocimientos de los estudiantes sobre naturaleza, construcción y validación de los saberes de la ciencia, y b) los conocimientos de los estudiantes sobre naturaleza, función, construcción y validación de los modelos científicos.

Sujetos participantes

Participaron 216 estudiantes entre 12 y 18 años de ambos sexos (103 hombres y 113 mujeres) y de cinco cursos de la Educación Secundaria. Tres cursos son de la Educación Secundaria Obligatoria, ESO, y los otros dos son del Bachillerato (no se incluyó 1º de ESO por la falta de disposición del profesorado de los centros a cedernos una sesión de clase). De ellos, 29 eran de 2º de la ESO, 81 de 3º de ESO, 32 de 4º de ESO, 39 de 1º de Bachillerato (1º BAC) y 35 de 2º de Bachillerato (2º BAC). Pertenecían a dos institutos de educación secundaria valencianos, uno de la ciudad de Valencia y el otro a una población del área metropolitana de Valencia. Los estudiantes de 4º de ESO y de 1º y 2º de BAC cursaban un itinerario científico o científico-técnico.

Estos sujetos no parecen tener, a priori, características especiales que los diferencien de otros grupos de los respectivos cursos. No obstante, no se realizó muestreo aleatorio alguno ya que se trató de una muestra de conveniencia. Por ello, los resultados no pueden ser extrapolados, esto es, no hay garantías de validez externa.

Instrumento

Se utilizó una versión ligeramente modificada de uno de los cuestionarios validados por Vasques, Solano, Veit y Lang da Silveira (2011) para determinar concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y la modelización científica. Las modificaciones del cuestionario se limitaron a simplificar el vocabulario empleado y las frases para hacerlo más inteligible a los estudiantes de educación secundaria. Estas modificaciones se llevaron a cabo atendiendo a las sugerencias formuladas por dos profesores de educación secundaria. Posteriormente, fue revisado por dos profesores universitarios, quienes efectuaron algunas correcciones mínimas. Finalmente, el cuestionario se puso a prueba con tres estudiantes de Educación Secundaria para comprobar si presentaba algún problema de comprensión. No se detectó problema alguno.

El cuestionario está compuesto por un total de 23 ítems (Anexo 1), de los cuales 13 están vinculados a la naturaleza, elaboración y validación del conocimiento científico (CC, en adelante) y 10 a la naturaleza, función, formulación y validación de los modelos científicos (MC, en

adelante). Se utiliza una escala tipo Likert de cinco niveles de respuesta, desde “muy en desacuerdo” hasta “muy de acuerdo”.

Procedimiento

La cumplimentación del cuestionario se llevó a cabo durante una sesión de clase normal. Previamente se explicó a los estudiantes cómo se debía responder (aunque también en el cuadernillo que incluye el cuestionario se ofrecen las oportunas orientaciones) y qué se pretendía saber con sus respuestas. Se les pidió una lectura atenta de los ítems del cuestionario y respuestas sinceras a dichos ítems. Se les indicó, asimismo, que cualquier duda que surgiera durante la lectura podía ser planteada. Los estudiantes emplearon un máximo de 40 minutos en su cumplimentación, si bien la mayoría lo hizo antes de ese período de tiempo.

Para la calificación del cuestionario se tuvo que tener en cuenta que en la mayoría de los ítems (15 de los 23, que están marcados con un asterisco en el Anexo 1) la puntuación va desde 1 punto en la opción “muy de acuerdo”, hasta 5 puntos en la opción “muy en desacuerdo”. En los restantes ítems del cuestionario (8 de los 23), la puntuación asignada va al contrario, esto es, la opción “muy de acuerdo” vale 5 puntos y la de “muy en desacuerdo” 1 punto. Se registró de cada estudiante la puntuación obtenida en cada ítem, la puntuación media en los 13 ítems relacionados con el conocimiento científico (CC), la puntuación media en los 10 ítems vinculados con los modelos científicos (MC) y la puntuación media de todos los ítems del cuestionario.

A continuación, tras la comprobación que las puntuaciones siguen una distribución normal, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) mixto 2 X 5 con 2 factores, uno intra-sujetos, el tipo de ítem del cuestionario, con dos niveles, CC y MC; y otro entre-sujetos, el nivel académico, con cinco valores, 2º, 3º y 4º de ESO, y 1º y 2º de Bachillerato. La variable dependiente fue la puntuación media de los ítems correspondientes. Los análisis estadísticos de los datos se llevaron a cabo con el software SPSS v.22.

Resultados y discusión

Como ya se ha indicado, los ítems de cuestionario se pueden agrupar en dos factores. El primer factor está constituido por los ítems sobre la

naturaleza, elaboración y validación del conocimiento científico (CC, en adelante). El segundo factor incluye ítems relativos a la naturaleza, función y formulación de modelos científicos (MC, en adelante). Para evaluar la fiabilidad del cuestionario se determinaron los coeficientes alfa de Cronbach de los dos factores del cuestionario, que resultaron ser 0.71 para CC y 0.75 para MC, y del total del cuestionario, que fue 0.79. Todos ellos pueden considerarse aceptables (Barrios & Cosculluela, 2013).

En la Tabla 1 aparecen las puntuaciones promedio, con sus desviaciones estándar entre paréntesis, de ambos factores CC y MC, además de la puntuación total del cuestionario, en cada uno de los cursos.

Tabla 1. *Puntuaciones medias (y su desviación estándar) en cada factor (CC y MC) y en el total del cuestionario en función del nivel académico.*

	Puntuación en CC (desviación estándar)	Puntuación en MC (desviación estándar)	Puntuación Total (desviación estándar)
2ºESO	2.68 (0.29)	3.03 (0.38)	2.85 (1.30)
3º ESO	2.81 (0.39)	2.86 (0.37)	2.85 (1.24)
4ª ESO	2.66 (0.38)	3.01 (0.37)	2.82 (1.35)
1º BAC	2.72 (0.39)	3.02 (0.38)	2.87 (1.27)
2º BAC	2.88 (0.34)	3.06 (0.36)	2.97 (1.28)

Las puntuaciones totales medias obtenidas por los estudiantes en el cuestionario reflejadas en la Tabla 1 (que se hallan en una franja de puntuación media-baja, por debajo del 3 en una escala que va de 1 a 5) ponen de manifiesto que sus conocimientos sobre epistemología de la ciencia y de los modelos científicos están por debajo de lo que sería deseable. Estos resultados son coherentes con investigaciones anteriores sobre ideas erróneas de estudiantes de secundaria españoles sobre la naturaleza de la ciencia (Vázquez y Manassero, 1999a) y están en línea con los obtenidos en otros trabajos, por ejemplo, el de Raviolo, Ramírez, López y Aguilar (2010). También se recogen en la Tabla 1 las puntuaciones medias de los dos factores que integran el cuestionario administrado. En el primer caso, CC, las puntuaciones se sitúan en la banda media-baja, por debajo de 3. En el segundo caso, MC, las puntuaciones se ubican en el intervalo medio-alto, por encima de 3, a excepción del nivel académico 3º de ESO.

El test de Shapiro-Wilk aplicado a las puntuaciones del cuestionario en cada nivel académico conduce a valores cuyos niveles de significa-

ción siempre están por encima de .05. En consecuencia, en todos los casos se puede rechazar la hipótesis nula y puede considerarse que todas las puntuaciones siguen una distribución normal.

En el análisis de varianza (ANOVA) mixto 2 X 5 realizado apareció un efecto principal significativo (colapsando los distintos niveles académicos) del factor intra-sujetos, $F(1,211)=14.31$, $p<.001$, $\eta^2= .12$, con un tamaño del efecto medio-alto según el criterio de Cohen. Esto indica que las puntuaciones de los ítems del factor MC fueron significativamente más altas que los ítems del factor CC. Por el contrario, el efecto principal del factor entre-sujetos nivel académico no fue significativo. Ello significa que la puntuación global (colapsando CC y MC) del cuestionario no se ve influenciada por el nivel académico en términos estadísticos. Además, la interacción de ambos factores, tipo de ítem X nivel académico, no fue significativa, de lo cual se deduce que las diferencias entre MC y CC fueron de similar magnitud en todos los niveles académicos considerados.

En la Tabla 2 se ofrecen las puntuaciones medias de todos los ítems del cuestionario, con su desviación estándar, en cada uno de los cinco niveles académicos analizados.

Tabla 2. *Puntuaciones medias (y su desviación estándar) en todos los ítems del cuestionario en función del nivel académico de los estudiantes.*

	2ºESO	3ºESO	4ºESO	1ºBAC	2ºBAC
1	3.00 (1.31)	2.91 (1.23)	2.69 (1.25)	2.92 (1.06)	2.57 (1.36)
2	3.00 (1.51)	2.32 (1.29)	2.44 (1.31)	1.90 (1.05)	2.26 (1.17)
3	1.59 (0.95)	1.95 (1.09)	1.50 (0.52)	2.03 (1.25)	2.17 (1.20)
4	4.00 (1.04)	3.96 (1.01)	4.00 (1.26)	3.67 (1.28)	3.89 (1.18)
5	3.14 (1.38)	3.73 (0.92)	3.94 (0.93)	3.69 (1.00)	3.51 (1.09)
6	2.90 (1.14)	3.25 (1.20)	3.19 (1.47)	3.46 (1.27)	3.80 (0.93)
7	2.72 (1.25)	3.42 (1.14)	3.25 (1.53)	3.54 (1.17)	3.17 (1.22)
8	2.00 (0.93)	2.16 (1.09)	1.38 (0.50)	1.92 (0.93)	2.29 (1.13)
9	2.38 (1.35)	2.65 (1.10)	3.13 (1.45)	2.56 (1.23)	3.51 (1.01)
10	2.07 (1.00)	2.12 (0.95)	1.94 (0.85)	2.03 (0.93)	2.11 (1.11)
11	2.17 (1.04)	2.64 (1.23)	2.50 (1.32)	2.54 (1.12)	2.77 (1.26)
12	3.55 (1.18)	3.01 (1.07)	3.00 (1.21)	3.15 (1.20)	3.11 (0.99)
13	2.38 (1.15)	2.42 (1.22)	1.63 (0.89)	1.95 (1.19)	2,29 (1.20)
14	3.21 (1.26)	3.41 (1.10)	3.69 (1.01)	3.51 (0.88)	3.57 (1.17)
15	3.41 (0.95)	3.47 (1.03)	3.50 (1.10)	3.69 (1.00)	3.86 (0.94)

	2ºESO	3ºESO	4ºESO	1ºBAC	2ºBAC
16	2.90 (1.40)	2.49 (1.07)	2.19 (0.91)	2.51 (1.27)	2.29 (1.05)
17	2.34 (0.97)	2.56 (1.02)	2.31 (1.25)	2.46 (0.82)	2.57 (1.04)
18	2.59 (1.27)	2.43 (1.08)	3.06 (1.24)	2.90 (1.17)	2.89 (1.28)
19	3.76 (1.06)	3.01 (1.33)	3.56 (1.15)	3.77 (0.93)	3.40 (1.19)
20	3.28 (1.25)	2.65 (1.06)	2.63 (1.26)	2.46 (1.12)	2.89 (1.30)
21	3.34 (1.29)	3.23 (1.02)	3.75 (0.93)	3.59 (1.09)	3.66 (1.06)
22	2.48 (1.06)	2.48 (1.10)	2.44 (0.96)	2.28 (0.72)	2.40 (1.12)
23	3.34 (1.08)	3.16 (1.39)	3.19 (1.47)	3.36 (1.29)	3.31 (1.32)

Puede verse en esta Tabla 2 que los tres ítems que reciben las puntuaciones más bajas son el 3, el 8 y el 10: las puntuaciones medias de todos niveles académicos en dichos ítems son 1.89, 2.06 y 2.07, respectivamente. El ítem 3 resalta el papel de la observación y la experimentación como punto de partida del conocimiento científico. El ítem 8 describe las leyes como generalizaciones de observaciones y experimentos. El ítem 10 pone de relieve que las teorías, apoyadas en la observación y la experimentación, no pueden ser incorrectas en ningún dominio. Las bajas puntuaciones en estos ítems nos apuntan hacia la predominancia de concepciones empírico-inductivistas de la ciencia entre nuestros estudiantes, que son acordes con los estudios de Fernández *et al.* (2002) y Bell *et al.* (2003).

Aunque la variable nivel académico no genera diferencias significativas a nivel global en la puntuación media de los estudiantes, se hizo un análisis de ítems para ver en qué ítems dicha variable tenía efectos significativos. Previamente se comprobó que en los ítems las puntuaciones seguían una distribución normal. Los resultados de los diferentes ANOVA realizados muestran que en los ítems 2, 3, 5, 6, 8, 9, 13 y 19 del cuestionario el nivel académico influye significativamente sobre la puntuación en ellos en un nivel de confianza de, como mínimo, el 95% ($p < .05$). Se puede observar en la Tabla 2 que en los ítems 3, 6 y 9 existe una tendencia definida de mayor puntuación con nivel académico más elevado. Por el contrario, en el ítem 2 la tendencia es justamente la contraria. Finalmente, en los ítems 5, 8, 13 y 19 no se concreta tendencia clara alguna. Se destaca que, de todos los ítems, sólo el 19 pertenece al factor MC.

Conclusiones

De acuerdo con la puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes en el cuestionario cumplimentado (Tabla 1), así como del ANOVA realizado tomando como variable independiente el nivel académico, que pone de manifiesto que el nivel académico no influye significativamente en la puntuación de los ítems, parece que la primera hipótesis formulada ha quedado validada. Puede, pues, derivarse de ello que los conocimientos de los estudiantes de secundaria participantes en esta investigación sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de los modelos científicos no son apropiados epistemológicamente y no se alteran con el nivel académico.

Por otro lado, las puntuaciones medias de los dos factores que integran el cuestionario recogidas también la Tabla 1 (CC y MC) indican que las puntuaciones en MC son mejores que en CC. Además, los resultados del ANOVA llevado a cabo revelan que las puntuaciones de MC son significativamente más altas que las de CC y que el nivel académico no tiene efectos significativos sobre dichas puntuaciones. Se podría afirmar, pues, que la segunda hipótesis formulada se ha visto confirmada y que incluso puede ampliarse. Parece poder concluirse, en el caso de los estudiantes de secundaria analizados, que las ideas sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico están más alejadas de la epistemología que en el caso de la construcción y naturaleza de los modelos científicos, y que esta característica no se ve afectada por la formación académica.

Se ha observado en la Tabla 2 que los tres ítems del cuestionario en los que los estudiantes han alcanzado menor puntuación son aquellos en los que se resalta el papel de la observación y la experimentación en la generación de conocimiento científico. En consecuencia, todo apunta a que la tercera hipótesis formulada ha sido ratificada empíricamente. Es posible, por ello, concluir que los estudiantes de secundaria que han participado en esta investigación tienden a darle un excesivo peso a la observación y a la experimentación en los procesos de construcción del conocimiento científico.

Se hace necesario poner de relieve las posibles limitaciones de este estudio. La principal limitación de la presente investigación puede encontrarse en la naturaleza y el tamaño de la muestra. Los resultados y conclusiones que hemos obtenido sólo pueden ser válidos en sentido

estricto para los sujetos que han intervenido en ella. Otras limitaciones pueden tener su origen en el instrumento que hemos empleado, que como todos los que se utilizan en investigación educativa tienen una exactitud restringida por sus características, sin dejar de lado las circunstancias particulares de su aplicación y las personas que han intervenido. También cabe hacer referencia al diseño de investigación, que puede no haber sido el óptimo para asegurarse de que los resultados no se hayan visto influenciados por variables extrañas.

Finalmente, señalar que en este estudio se ha constatado que la apropiación por parte de los estudiantes de las ideas aceptadas por la comunidad científica sobre la NdC y los modelos científicos no se mejora mediante la educación científica tradicional y que, por tanto, resulta perentorio aplicar otras vías educativas para subsanar este déficit.

Referencias

- Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Vázquez, À. (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.
- Barrios, M. y Coscolluela, A. (2013). Fiabilitat. En J. Meneses (Ed.), *Psicometria* (pp. 5-58). Barcelona: UOC.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. y Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509. DOI: 10.1002/tea.10086.
- Blachowicz, J. (2009). How science textbooks treat scientific method: A philosopher's perspective. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60(2), 303-344.
- Carey, S. y Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251. DOI: 10.1207/s15326985ep2803_4
- Dogan, N. y Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112. DOI: 10.1002/tea.20243.
- Fernández, I., Cachapuz, A., Carrascosa, J., Gil, D. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y Smith, C. L. (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. DOI: 10.1002/tea.3660280907.
- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362. DOI: 10.1080/09500690601007549.

- Kang, S., Scharmann, L. C. y Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314-334. DOI: 10.1002/sci.20053
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496. DOI: 10.1002/tea.20230.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. DOI: 10.1002/tea.3660290404.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Disponible en <http://www.oecd-ilibrary.org/education/books/pre-2007>, consultado el 20 de marzo de 2016.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. DOI: 10.1002/tea.10105
- Perking-Gough, D. (2007). Understanding the Scientific Enterprise: A Conversation with Alan Leshner. *Educational Leadership*, 64(4), 8-15.
- Raviolo A., Ramírez, P., López, E. y Aguilar, A. (2010) Concepciones sobre el conocimiento y los modelos científicos: un estudio preliminar. *Formación Universitaria*, 3(5), 29-36.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656. DOI: 10.1002/sci.20065
- Sandoval, W. A. y Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392. DOI: 10.1002/tea.10081
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. DOI: 10.1002/tea.20311
- Schwarz, C. V. y White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205. DOI: 10.1207/s1532690xci2302_1
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. y Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422. DOI: 10.1207/S1532690XCI1803_3
- Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión. *Educación XX1*, 13(1), 65-80. DOI: 10.5944/educxx1.13.1.277
- Solaz-Portolés, J. J. (2012). Sobre cómo el conocimiento científico intenta aproximarse a la realidad. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(1), 1308.
- Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé, V. y Civera, E. (2012). ¿Es adecuada la presentación de los modelos atómicos desde el punto de vista histórico y epistemológico en los textos

- educativos de Bachillerato? *Química Viva*, 11(3), 229-239. Disponible en <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/solaz.pdf>, consultado el 23 de abril de 2016.
- 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. DOI: 10.1080/09500690110066485
- Vasques, R., Solano, I., Veit, E. A. y Lang da Silveira, F. (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), 43-60.
- Vázquez-Alonso, Á., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàsar-Roig, A. (2014). Spanish students' conceptions about NOS and STS issues: A diagnostic study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(1), 33-45. DOI: 10.12973/eurasia.2014.1013a
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (1999a). Ideas de los estudiantes sobre la epistemología de la ciencia: modelos, leyes y teorías. *Revista de Educación*, 320, 309-334.
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (1999b). Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 377-395.
- Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2017). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educar*, 53(1), 149-170. DOI: 10.5565/rev/educar.839
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. DOI: 10.1002/sce.20259.
- Yacoubian, H. A. y Boujaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1229-1252. DOI: 10.1002/tea.20380

Anexo 1. Cuestionario para estudiar las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la modelización científica (adaptado de Vasques, Solano, Veit y Lang da Silveira (2011)).

El cuestionario se presentó a los estudiantes sin los asteriscos y sin la primera columna, donde se muestra si el ítem hace referencia a la naturaleza, elaboración y validación del conocimiento científico (CC), o a la naturaleza, función, y formulación de modelos científicos (MC). Los asteriscos identifican los ítems cuyas respuestas fueron puntuadas con un 1 para MA (MUY DE ACUERDO), 2 para A (DE ACUERDO), 3 para I (INDECISO), 4 para D (EN DESACUERDO) y 5 para MD (MUY EN DESACUERDO). Las respuestas en los demás ítems fueron puntuadas de modo invertido, atribuyéndoles valor 5 para MA, 4 para A, 3 para I, 2 para D y 1 para MD.

Afirmación		Grado de acuerdo
CC 1*	Para que el conocimiento científico pueda desarrollarse a partir de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe dejar de lado sus ideas previas.	MA A I D MD
CC 2*	Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones.	MA A I D MD
CC 3*	El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.	MA A I D MD
CC 4	Una importante característica del conocimiento científico es que puede fallar.	MA A I D MD
CC 5	La observación científica siempre se realiza a partir de algún conocimiento teórico sobre el objeto de estudio.	MA A I D MD
CC 6*	Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.	MA A I D MD
CC 7*	La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.	MA A I D MD
CC 8*	Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.	MA A I D MD

Afirmación		Grado de acuerdo
CC 9*	Los resultados de observaciones y de experimentos no se pueden cuestionar, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.	MA A I D MD
CC 10	Las teorías científicas, aunque estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, pueden llegar a ser incorrectas en ciertos dominios.	MA A I D MD
CC 11*	La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.	MA A I D MD
CC 12	La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y del desacuerdo entre los científicos.	MA A I D MD
CC 13*	Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.	MA A I D MD
MC 14	Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.	MA A I D MD
MC 15	Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.	MA A I D MD
MC 16*	Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos experimentales o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.	MA A I D MD
MC 17*	Los modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.	MA A I D MD
MC 18*	La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.	MA A I D MD
MC 19*	Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.	MA A I D MD
MC 20*	Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.	MA A I D MD
MC 21	Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.	MA A I D MD

Afirmación	Grado de acuerdo
MC 22* Los modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de los sistemas físicos.	MA A I D MD
MC 23 Los científicos frecuentemente utilizan hipótesis, ignoran propiedades y hacen uso de conceptos que no pueden observarse cuando construyen modelos científicos.	MA A I D MD

