

COMPRESIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS

Olga Pardo Marín¹
Joan J. Solaz-Portolés²
Vicent Sanjosé López³

¹Departament de Química Analítica. Universitat de València. España.

^{2,3}Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València.
València (España).
jsolpor@gmail.com

Resumen

En este estudio se lleva a cabo un estudio exploratorio sobre los conocimientos de los estudiantes de secundaria de distintos niveles académicos sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de los modelos científicos. Se administró a 216 estudiantes de ESO y Bachillerato 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. De las puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes en el total cuestionario y en los ítems relacionados con el conocimiento científico y con los modelos científicos, del ANOVA efectuado tomando como variable intersujetos el nivel académico y como variables dependientes las puntuaciones medias de los ítems relacionados con el conocimiento científico y con los modelos científicos, así como del análisis de ítems realizado, puede concluirse que: a) los conocimientos de los estudiantes de secundaria 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; y b) las ideas de los estudiantes sobre modelos científicos son significativamente mejores que en el caso del conocimiento científico, independientemente del nivel académico que se trate.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia, conocimiento científico, modelos científicos, nivel académico, ideas de los estudiantes de secundaria.

1. Introducción

Saber cómo se elabora el conocimiento científico es un objetivo básico en la educación científica y ha recibido mucha atención en la literatura (Osborne, Collins, Ratcliffe, Miller & Duschl, 2003). Son varias las razones que justifican este objetivo: 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 (Carey & Smith, 1993). Así, no es de extrañar que el consejero delegado de la American Association for the Advancement of Science (AAAS) haya subrayado que la comprensión 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 & Vázquez, 2002).

En la revisión llevada a cabo por Lederman (1992) se muestra que los estudiantes de diferentes edades tienen ideas inapropiadas sobre la NdC, independientemente de la metodología o instrumento utilizado por los investigadores. En los estudios realizados en España por Vázquez y Manassero (1999a y b) sobre la visión de los estudiantes de diferentes etapas educativas de las características del conocimiento científico, en todas las cuestiones aparece un porcentaje destacable de estudiantes con ideas inadecuadas. El trabajo de Kang, Scharmann y Noh (2005) se confirma que el nivel académico de estudiantes de secundaria de distintos cursos no comporta cambios sustanciales en las creencias acerca de la NdC. Por otro lado, se ha comprobado que 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 (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, que se inscribe dentro de un determinado esquema teórico (Solaz-Portolés, 2012). En opinión de Schwarz & White (2005) 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. 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 & Smith, 1991; Chittleborough & Mamiala, 2002) o en cómo se presentan en los libros de texto (Solaz-Portolés, Sanjosé & Civera, 2012). En todos los casos 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.

2. Cuestiones a investigar e hipótesis

En el ámbito iberoamericano son escasos los estudios cuantitativos de carácter transversal a lo largo de la educación secundaria que analicen 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, las preguntas de investigación que guían el presente trabajo son:

¿Afecta la formación recibida a lo largo de la educación secundaria a las ideas

de los estudiantes sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico y de los modelos científicos?

¿Hay diferencias entre las ideas de los estudiantes sobre la construcción y naturaleza del conocimiento científico y de los modelos científicos? ¿Influye sobre estas diferencias el nivel académico de los estudiantes?

De acuerdo con las investigaciones citadas anteriormente, las concepciones de los estudiantes de secundaria en relación con la construcción y naturaleza del conocimiento científico y los modelos científicos no suelen ser correctas. Además, dichas concepciones no cambian sustancialmente en cursos diferentes de la educación secundaria. Por otra parte, 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. En consecuencia nuestra 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 serán apropiados epistemológicamente, 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, y en ocasiones se muestran en los libros de texto de educación secundaria algunas de características generales de los modelos y sus virtualidades de manera correcta (Solaz-Portolés, Sanjosé & Civera, 2012). Por el contrario, como ya se ha indicado, los libros de texto presentan notorias deficiencias en ideas sobre epistemología e historia de la ciencia (Solaz-Portolés, 2010). Por ello la segunda hipótesis queda formulada como:

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. Además, esta característica no se verá afectada por la formación académica.

2. Metodología

2.1. Diseño experimental

Se trata de un diseño transaccional o transversal descriptivo. La variable independiente es el nivel académico 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.

2.2. Sujetos participantes

Participaron 216 estudiantes de edades comprendidas entre 12 y 18 años, de ambos sexos (103 hombres y 113 mujeres) y de cinco niveles educativos de la educación secundaria. De ellos, 29 eran de 2º de ESO, 81 de 3º de ESO, 32 de 4º de ESO, 39 de 1º de Bachillerato y 35 de 2º de Bachillerato. Perteneían a dos institutos de educación secundaria valencianos, uno de la ciudad de València y el otro a una población del área metropolitana de València. Los estudiantes de 4º de ESO y de 1º y 2º de Bachillerato 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.

2.3. *Materiales*

Se utilizó una versión modificada de uno de los cuestionarios propuestos validados por Vasques, Solano, Veit y Lang de Silveira (2011) para determinar concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y modelado científico. Las modificaciones del cuestionario se limitaron a simplificar el vocabulario empleado para hacerlo más inteligible a los estudiantes de secundaria. Estas modificaciones se llevaron a cabo atendiendo a las sugerencias formuladas por dos profesores de educación secundaria.

El cuestionario está compuesto por un total de 23 ítems, de los cuales 13 están vinculados a la naturaleza, elaboración y validación del conocimiento científico y 10 a la naturaleza, función, formulación y validación de los modelos científicos. Se utiliza una escala tipo Likert de cinco niveles de respuesta, desde “muy en desacuerdo” hasta “muy de acuerdo”.

2.4. *Procedimiento*

La administración del cuestionario se llevó a cabo durante una sesión de clase normal. Previamente se explicó a los estudiantes cómo se debía responder (aunque también se hace en el cuadernillo que incluye al cuestionario) 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 algunos ítems (13 de los 23) 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 (10 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, la puntuación media en los 10 ítems vinculados con los modelos científicos y la puntuación media de todos los ítems del cuestionario.

3. Resultados

El cálculo de la fiabilidad de cuestionario se efectuó mediante el método de los mitades. El coeficiente de correlación entre la puntuación media de los ítems pares y de los ítems impares es $r = 0,564$. El coeficiente de fiabilidad se evaluó mediante la fórmula de Spearman-Brown $(2r/1+r)$ y resultó ser 0,72, que puede considerarse aceptable (Barrios & Cosculluela, 2013).

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

Nivel académico	Puntuación en CC (d.e.)	Puntuación en MC (d.e.)	Puntuación Total (d.e.)
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)
4º 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)

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.

El test de Shapiro-Wilk aplicado a las puntuaciones del cuestionario en cada nivel académico conduce a valores cuyos niveles de significación p siempre están por encima de 0,05. En consecuencia, en todos los casos se puede rechazar la hipótesis nula y puede considerarse que todas las puntuaciones siguen una distribución normal.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) tomando como variables intersujetos el tipo de ítem del cuestionario (con dos factores, CC y MC) y el nivel académico (con cinco niveles: 2º, 3º y 4º de ESO, y 1º y 2º de Bachillerato), y como variable dependiente la puntuación media de los ítems correspondientes. Los resultados de este ANOVA revelan que: a) las puntuaciones de los ítems del factor MC son significativamente más altas que los ítems del factor CC (con un tamaño del efecto medio-alto), $F(1,211)=14,31$, $p<0,001$, $\eta^2= 0,12$; b) la variable nivel académico no influye significativamente en la puntuación obtenida; y c) la interacción entre ambas variables (factor y nivel académico) no produce efectos significativos.

Aunque la variable nivel académico no genera diferencias significativas a nivel global en la puntuación, se hizo un análisis de ítems para ver en qué ítems dicha variable tenía efectos significativos. Previamente se comprobó que en todos los ítems las puntuaciones seguían una distribución normal. Los resultados de los ANOVA realizados muestran que en los ítems 2, 3, 5, 6, 8, 9, 13 y 19 del cuestionario el nivel académico influye significativamente en un nivel de confianza de, como mínimo, el 95% ($p<0,05$). En la Tabla 2 se ofrecen las puntuaciones medias de dichos ítems (con su desviación estándar) en cada nivel académico. En esta Tabla 2 se observa 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.

Ítem	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º BAC	2º BAC
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)
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)
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)
13	2,38 (1,15)	2,42 (1,22)	1,63 (0,89)	1,95 (1,19)	2,29 (1,20)
19	3,76 (1,06)	3,01 (1,33)	3,56 (1,15)	3,77 (0,93)	3,40 (1,19)

Tabla 2. Puntuaciones medias (y su desviación estándar) en los ítems del cuestionario donde el nivel académico genera diferencias significativas.

4. Conclusiones

De acuerdo con la puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes en el cuestionario, que se reflejan en la la Tabla 1 (que se hallan en una una franja de puntuación media-baja, por debajo del 3 en una escala que va de 1 a 5), 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. Esta hipótesis afirmaba que:

Los conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre la construcción y naturaleza de la ciencia y de los modelos científicos no serán apropiados epistemológicamente, y no se alterarán de manera significativa con el nivel académico.

Por otro lado, también se recogen en la Tabla 1 las puntuaciones medias de los dos factores que integran el cuestionario administrado, a saber: construcción y naturaleza del conocimiento científico (CC) y del modelado científico (MC). 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 de un nivel). Además, los resultados del ANOVA llevado a cabo (dos variables dependientes, CC y MC, y una independiente, nivel académico) indican que las puntuaciones de MC son significativamente más altas que las de CC, y que el nivel académico no tiene efectos significativos. Así pues, se podría estar en condiciones de poder afirmar que la segunda hipótesis formulada se ha visto confirmada. Esta hipótesis decía 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. Además, esta característica no se verá afectada por la formación académica.

Mediante un análisis de ítems se ha constatado que en ocho de ellos la variable nivel académico tiene efectos estadísticamente significativos. Es destacable que sólo uno pertenezca al factor MC, esto es, en siete ítems el nivel académico altera de forma significativa las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza y construcción del conocimiento científico. No obstante, sólo en tres de esos ocho ítems se define una tendencia clara de mejora de las concepciones con el mayor nivel académico de estudiante.

Los resultados del presente estudio son coherentes con investigaciones anteriores sobre ideas erróneas de estudiantes españoles sobre la naturaleza de la ciencia (Vázquez & Manassero, 1999a) y están en línea con los obtenidos en otros trabajos, por ejemplo, el de Raviolo, Ramírez, López y Aguilar (2010). Como ya apuntaron estos autores, podría concluirse que la apropiación por parte de los estudiantes de las ideas aceptadas por la comunidad científica sobre la naturaleza de la ciencia y los modelos científicos no se mejora mediante la educación científica tradicional y, por tanto, parece ser necesario buscar otras vías educativas para subsanar este déficit.

5. Referencia bibliográficas

ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A., & VÁZQUEZ, À. (2002). Nuevos retos

- educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Pensamiento Educativo*, 30, 15-34.
- BARRIOS, M. & COSCULLUELA, A. (2013). Fiabilidad. En J. Meneses (Ed.), *Psicometría* (pp. 5-58). Barcelona: UOC.
- CAREY, S., & SMITH, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational psychologist*, 28(3), 235-251.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E., & 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.
- KANG, S., SCHARMANN, L. C., & 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.
- 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.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Recuperado de <http://www.oecd-ilibrary.org/education/books/pre-2007>
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., & 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.
- PERKING-GOUGH, D. (2007). Understanding the Scientific Enterprise: A Conversation with Alan Leshner. *Educational Leadership*, 64(4), 8-15.
- RAVIOLO A., RAMIREZ, P., LOPEZ, E. & AGUILAR, A. (2010) Concepciones sobre el conocimiento y los modelos científicos: un estudio preliminar. *Formación Universitaria*, 3(5), 29-36.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión. *Educación XXI*, 13(1), 65-80.
- 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., & 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. Recuperado de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/solaz.pdf>
- SCHWARZ, C. V., & WHITE, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- TREAGUST, D. F., CHITTLEBOROUGH, G., & MAMIALA, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- VASQUES, R., SOLANO, I., VEIT, E. A., & 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, Á., & 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., & MANASSERO, M. A. (1999b). Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 377-395.