

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, NATURALEZA DE LA CIENCIA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Diversos autores

La investigación científica y la naturaleza de la ciencia tienen una dilatada historia como centro de interés en las reformas de la educación científica de países como Estados Unidos y otros anglosajones (Gran Bretaña, Australia, Nueva Zelanda, etc.), que se remonta al menos hasta los años cincuenta del siglo XX. No obstante, desde la anterior década de los noventa, ambos aspectos están siendo objeto de una renovada atención como componentes esenciales de la alfabetización científica por parte de los expertos en el currículo de ciencias (véanse, v.g., American Association for the Advancement of Science –AAAS–, 1989, 1993; National Research Council –NRC–, 1996, 2000). Ahora bien, tal y como se ha destacado en las conclusiones del panel dedicado a la naturaleza de la ciencia en el Congreso Internacional de la AETS (*Association for the Education of Teachers in Science*) celebrado el año 2005 en Colorado Springs (EE.UU.), la relación entre la naturaleza de la ciencia y una enseñanza basada en la investigación científica todavía no ha sido incorporada adecuadamente a los materiales curriculares ni a la práctica docente, pese a lo ya realizado en este campo de investigación (Bell, 2005).

Esta revisión aporta la traducción al castellano de los resúmenes de ocho artículos sobre esta temática, publicados entre 2003 y 2005; cuatro son de la revista *Science Education* y cuatro del *Journal of Research in Science Teaching*, que son dos de las tres revistas más importantes de didáctica de las ciencias –"science education"– (la tercera es el *International Journal of Science Education* y, de hecho, son las únicas de esta área que se incluyen en el catálogo ISI de revistas con gran impacto). Los resúmenes de estos artículos, ordenados alfabéticamente por su primer autor, se muestran en fichas, las cuales se espera resulten útiles a los potenciales lectores.

A

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. y Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.

Este trabajo surgió en un simposio internacional con el propósito de arrojar luz sobre cuestiones relacionadas con los dos significados del término investigación en las aulas de ciencia de secundaria: como medio (investigación como enfoque de enseñanza) y como fin (investigación como resultado del aprendizaje). Los participantes en el simposio se encargaron de proporcionar los puntos de vista de sus respectivos países sobre los siguientes temas principales: (i) concepciones filosóficas y prácticas de la investigación en el currículo de ciencia; (ii) presencia de la investigación en el currículo, en los materiales curriculares, en la enseñanza en el aula y en la evaluación practicada; y (iii) factores y condiciones, internos y externos al entorno educativo, que facilitan o impiden una enseñanza de la ciencia basada en la investigación. Otro asunto relevante que surgió del simposio fue el relativo a las propias concepciones de la

enseñanza de la investigación. Las contribuciones individuales y los comentarios de la síntesis demuestran que, pese a su diversidad, muchos asuntos y problemas son transversales a las cuestiones locales, lo que muestra la trascendencia y productividad potencial de los discursos relativos a la investigación en la educación científica, como el que se realiza en este artículo, y los que se esperan promover en un futuro próximo.

B

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.

El propósito de este estudio es explicar el impacto producido, en un grupo de estudiantes de secundaria con gran capacidad, por un programa de aprendizaje de la ciencia, de ocho semanas de duración, relativo a la comprensión de la naturaleza de ciencia y la investigación científica. Diez estudiantes voluntarios (de los grados 10–11) cumplimentaron una versión modificada del *Views of Nature of Science* (forma B del VNOS) antes y después de su período de aprendizaje con el objeto de evaluar sus concepciones de aspectos relevantes de la naturaleza de ciencia y la investigación científica. Una entrevista semiestructurada permitió a cada estudiante describir la naturaleza de su experiencia de aprendizaje y dar explicaciones adicionales sobre sus respuestas escritas al cuestionario. Estas entrevistas semiestructuradas fueron dirigidas también por los científicos que participaron orientando a cada uno de los aprendices de ciencia. La mayoría de los estudiantes sostuvieron concepciones de la naturaleza de la ciencia y la investigación científica poco consistentes con las descritas en los actuales documentos de reforma. Los orientadores científicos participantes manifestaron con vigor la creencia de que sus estudiantes habían aprendido mucho sobre la empresa científica haciendo ciencia durante el período de aprendizaje. Aunque la mayoría de los estudiantes pareció incrementar sus conocimientos sobre los procesos de la investigación científica, sus concepciones sobre aspectos importantes de la naturaleza de la ciencia permanecieron casi inalterados. Las demandas epistemológicas y la reflexión fueron los componentes más relevantes en el único caso en que un participante mejoró sustancialmente su comprensión acerca de la naturaleza de ciencia y la investigación.

K

Khishfe, R. y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581.

En este estudio se investiga la influencia en la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NdC), en estudiantes de sexto grado, de un enfoque de enseñanza explícito y reflexivo que se basa en la investigación, comparándolo con otro enfoque de enseñanza implícito basado también en la investigación. El estudio destaca el carácter provisional, empírico, deductivo e imaginativo y creativo de la NdC. Los participantes fueron 62 estudiantes de sexto grado correspondientes a dos aulas completas. El grupo experimental (explícito) realizó actividades de investigación

seguidas de discusiones reflexivas sobre los aspectos señalados de NdC. El grupo de control (implícito) realizó las mismas actividades de investigación; sin embargo, las actividades posteriores no incluyeron ninguna referencia explícita o discusión sobre alguno de los anteriores aspectos de la NdC. El tiempo invertido en la enseñanza estuvo equilibrado para ambos grupos. Un cuestionario abierto y una entrevista semiestructurada se usaron para evaluar los puntos de vista de los participantes sobre la NdC antes y después de la intervención, la cual duró dos meses y medio. Antes de la intervención, la mayoría de los participantes de ambos grupos sostuvo puntos de vista ingenuos sobre los aspectos de NdC apuntados. Los puntos de vista de los participantes de grupo implícito no fueron diferentes al concluir el estudio. Por el contrario, muchos más participantes del grupo explícito desarrollaron puntos de vista más informados de uno o más de los aspectos de NdC objeto de este estudio. Así pues, un enfoque explícito y reflexivo basado en la investigación resultó más eficaz que un enfoque implícito basado en la investigación a la hora de mejorar las concepciones sobre la NdC de los participantes. Estos resultados no apoyan la atractiva idea intuitiva de que los estudiantes pueden aprender sobre NdC solamente mediante su implicación en actividades de investigación científica. El progreso hacia concepciones mejor documentadas de la NdC es un resultado cognoscitivo que requiere un enfoque de enseñanza explícito y reflexivo.

S

Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.

Desde hace mucho tiempo, un objetivo de la educación científica en los Estados Unidos ha sido que los estudiantes terminen su escolarización con una buena comprensión de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, décadas de investigación muestran que esto no sucede así. Aunque se propugna una enseñanza basada en la investigación como método para conseguir esta comprensión, hay pocas pruebas directas de que esto ocurra así. Hay una brecha entre lo que se conoce sobre la práctica de la investigación por parte de los estudiantes y sus creencias epistemológicas sobre la ciencia. Es poco probable que los estudios de las ideas de estudiantes sobre los aspectos epistemológicos de la ciencia formal puedan arrojar luz acerca de cómo perciben sus propios logros en investigación. Recíprocamente, una enseñanza basada en la investigación que no da cuenta de las creencias epistemológicas que guían la investigación de los estudiantes tiene muy pocas posibilidades de ayudar a que los estudiantes comprendan la ciencia profesional. Este artículo revisa con amplitud diversas líneas independientes de investigación sobre las creencias de los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia y sus prácticas de investigación, defendiendo que la investigación de los estudiantes está guiada por prácticas epistemológicas que necesitan ser más estudiadas. Se propone un enfoque para estudiar la epistemología práctica que es potencialmente capaz de producir una buena teoría psicológica del desarrollo epistemológico, así como satisfacer el objetivo de una educación científica que contribuya a que los ciudadanos estén científicamente más documentados.

S

Sandoval, W. A. y Reiser, B. J. (2004). Explanation-Driven Inquiry: Integrating Conceptual and Epistemic Scaffolds for Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.

Las reformas de la educación científica sostienen de modo consistente el objetivo de que los estudiantes consigan una comprensión de la naturaleza de ciencia, incluyendo la naturaleza del conocimiento científico y los métodos para construirlo. Este artículo estructura un marco para el andamiaje de los aspectos epistemológicos de la investigación que podría ayudar a que los estudiantes comprendan los procedimientos de investigación relacionados con los tipos de conocimiento que pueden producir. Este marco es subyacente a un proyecto curricular de investigación sobre la evolución y la selección natural, apoyado con tecnología, que se centra en que los estudiantes construyan y evalúen explicaciones científicas de los fenómenos naturales. El proyecto ha sido refinado mediante ciclos de aplicación, análisis y revisión que documentan la práctica epistemológica de los estudiantes implicados en la investigación, indican el modo en que los instrumentos diseñados apoyan el trabajo de los estudiantes y sugieren los necesarios andamios sociales adicionales. Los resultados sugieren que los instrumentos epistemológicos pueden tener un papel insustituible para apoyar la investigación de los estudiantes, y constituir un método eficaz para estudiar la epistemología científica de los estudiantes.

S

Schwartz, R., Lederman, N. G. y Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.

Los intentos de reforma de la enseñanza de ciencia hacen hincapié en promover puntos de vista contemporáneos de la naturaleza de la ciencia (NdC) y la investigación científica. Desde un marco cognitivo, se afirma que la implicación en actividades de investigación similares a las de los científicos proporciona un contexto de aprendizaje que contribuye al conocimiento de los métodos y actividades por los que la ciencia progresó, y, a la vez, a desarrollar puntos de vista deseados sobre la NdC. La inclusión de un contexto de investigación científica para enseñar sobre NdC es una atractiva idea intuitiva. No obstante, tanto si los aprendices son estudiantes, profesores o científicos, la investigación empírica disponible no apoya en general la afirmación de que la implicación en la investigación científica mejore por sí sola las concepciones de NdC. Se estudió el progreso de las concepciones de NdC durante una investigación científica realizada en un curso de capacitación para profesores de ciencia de secundaria en formación inicial. Además de investigación, el curso incluyó seminarios y la realización de un diario. Los puntos de vista sobre NdC de los participantes se evaluaron mediante la aplicación de un diseño "pre/post" con el cuestionario *Views of Nature of Science* (forma C del VNOS) y entrevistas. Los resultados indican que la mayoría de los participantes mostró sustanciales mejoras en el conocimiento de la NdC. Se identificaron tres factores principales para mejorar la comprensión de la NdC durante el período de capacitación: (1) reflexión, (2) contexto y (3) perspectiva. La reflexión sobre las notas escritas en los diarios y los seminarios son los aspectos que tuvieron mayor influencia en los puntos de vista sobre la NdC. Por su parte, la investigación científica mantuvo un contexto para la reflexión. La perspectiva del papel de los participantes influyó en su capacidad para reflexionar con eficacia. Los participantes que asumieron una posición reflexiva tuvieron más

éxito para ahondar en sus concepciones sobre la NdC. Los que mantuvieron su identidad como científicos tuvieron menos éxito para hacer progresar sus puntos de vista acerca de la NdC mediante la reflexión. A la luz de estos resultados, se discute la importancia y los retos que implica enseñar sobre la NdC en contextos de investigación.

W

Wallace, C. S. y Kang, N.-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936-960.

El propósito de este estudio es investigar las creencias de seis profesores de ciencia con experiencia en enseñanza secundaria sobre (i) ¿cómo se tiene éxito en el aprendizaje de la ciencia?, (ii) ¿cuáles son los objetivos del laboratorio en la enseñanza de la ciencia? y (iii) ¿cómo se pone en práctica la investigación en el aula? Se llevó a cabo un estudio interpretativo de casos con orientación etnográfica. Las creencias de los profesores sobre el éxito en el aprendizaje de la ciencia se relacionaron substantivamente con sus creencias sobre el laboratorio y la puesta en práctica de la investigación. Por ejemplo, dos profesores creían que el correcto aprendizaje de la ciencia consiste en una profunda comprensión conceptual, la utilización del laboratorio sobre todo para ilustrar estos conceptos y el uso de la investigación como un tipo de experiencia para resolver problemas cerrados. Otro profesor creía que un adecuado aprendizaje de la ciencia es la inmersión cultural en las prácticas científicas empleando con profusión investigaciones de laboratorio para enseñar estas prácticas. Se discuten la tensión entre estos grupos de creencias rivales y sus implicaciones para la reforma.

W

Windschitl, M. (2004). Folk theories of inquiry: How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512.

A pesar de la omnipresencia del término investigación en la bibliografía correspondiente a la educación científica, se conoce poco sobre las concepciones que tienen los profesores sobre la investigación, cómo se forman y consolidan estas concepciones, cómo la relacionan con el trabajo que hacen los científicos y si estas ideas sobre la investigación se trasladan a la práctica en el aula. Éste es un estudio de casos en el que 14 profesores de ciencia de secundaria en formación inicial desarrollaron sus propias investigaciones empíricas: desde formular preguntas a defender los resultados delante de pares. Los resultados indican que los participantes compartieron un modelo tácito de lo que significa hacer ciencia, que configuró sus investigaciones e influyó en las reflexiones sobre éstas. Algunos aspectos del modelo compartido por los participantes eran congruentes con una auténtica investigación; sin embargo, los supuestos más consistentes eran representaciones erróneas de aspectos fundamentales de la ciencia: por ejemplo, que una hipótesis funciona como una conjetura sobre un resultado, pero no es necesariamente parte de un sistema explicativo más amplio; que el conocimiento complementario ("background") puede utilizarse para dar ideas sobre qué

estudiar, pero que ese conocimiento no aparece en forma de teoría o modelo, y que la teoría es una herramienta optativa que podría usarse al final de un estudio para ayudar a explicar los resultados. Estas ideas parecen consistentes con la imagen popular sobre cómo se hace ciencia, que se promueve sutilmente, pero de modo penetrante, en los libros de texto, a través de los medios de comunicación y por algunos profesionales de la educación científica. Por último, aunque todos los participantes estaban graduados en ciencia, los participantes que en el futuro usaron la investigación en sus propias aulas fueron aquellos que habían tenido experiencias significativas de investigación en sus carreras o en estudios posteriores a la educación secundaria y amplios antecedentes en contenidos científicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS) (1989). *Science for all americans*. New York: Oxford University Press.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS) (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- BELL, R. L. (2005). The Nature of Science in Instruction and Learning. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science (AETS), Colorado Springs, CO.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1996). *National Science Education Standards*. National Washington, DC: Academic Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

José Antonio Acevedo Díaz
ja_acevedo@vodafone.es