

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO, INVESTIGACIÓN- ACCIÓN E INNOVACIÓN EN PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA SOBRE NATURALEZA DE LA CIENCIA

Ángel Vázquez-Alonso, María Antonia Manassero-Mas
Universidad de las Islas Baleares

Adriana María Rodríguez Cruz
Universidad del Tolima

RESUMEN: La enseñanza de los innovadores y difíciles temas de naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT) es esencial para la alfabetización científica y tecnológica, pero la formación del profesorado sobre esos temas es deficiente. Esta comunicación afronta el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido (CDC) del profesorado mediante procesos de investigación-acción sobre su propia práctica docente de aula enseñando el tema de la observación en la ciencia a profesores de ciencias en formación inicial, con el apoyo de instrumentos para explicitar su CDC. Los resultados muestran los rasgos del CDC elaborados en la práctica, el desarrollo profesional y la auto-formación desarrollados por la profesora, la mejora de la comprensión de sus estudiantes y la valoración positiva de la enseñanza explícita-reflexiva aplicada.

PALABRAS CLAVE: investigación-acción, naturaleza de ciencia y tecnología, conocimiento didáctico del contenido, formación de profesores de ciencias.

OBJETIVOS: Esta comunicación presenta el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido (CDC) del Profesor necesario para enseñar los complejos e innovadores temas científicos, reconocidos en la investigación con la denominación de naturaleza de la ciencia (NdCyT), a través de la ejecución de las actividades de apropiación de los instrumentos, actividades y materiales para enseñar una metodología de investigación acción (IA), aunque también se presentan resultados de aprendizaje de los estudiantes.

MARCO TEÓRICO

El asunto central de la NdCyT se refiere a la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico, es decir, los aspectos históricos, filosóficos, sociológicos, económicos, psicológicos, éticos, etc. que rodean el desarrollo y la toma de decisiones sobre la validación del conocimiento científico y tecnológico; también, las relaciones, internas y externas, que, para lograr esa validación, se establecen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona 2010).

La complejidad de los temas de NdCyT convierte su enseñanza en un desafío difícil, multidimensional e innovador para los docentes. Sin embargo, con gran unanimidad, los especialistas consideran la comprensión de NdCyT un componente central de la alfabetización científica para todos, y por esa razón (además de otras) se debe enseñar en los currículos escolares (Hodson, 2011; Millar, 2006).

Las investigaciones parecen decantar dos requisitos clave para su enseñanza eficaz (Deng, 2011):

- El carácter explícito de la enseñanza
- Las actividades enfocadas a la reflexión de los aprendices.

Para mejorar la comprensión de la NdCyT y promover que los profesores tomen la decisión de enseñar efectivamente temas de NdCyT en sus aulas es necesario mejorar la formación del profesorado, incluyendo la formación pedagógica para hacer funcional en el aula ese dominio de contenidos. (Leden et al., 2015).

Shulman (1986) consolidó esta conclusión con la formalización del “conocimiento didáctico del contenido” (CDC) - pedagogical content knowledge - que amalgama ambos aspectos. Loughran, Berry y Mulhall (2012) han propuesto dos instrumentos para representar explícitamente el CDC del profesorado, denominados Representación de Contenidos (ReCo) y Repertorio de Experiencia Profesional y Didáctica (Rex-PyD).

Ambos instrumentos han sido aplicados en el marco global de la investigación-acción (IA), como método interactivo de recoger información sobre la propia práctica de enseñanza basado en ciclos de planear, aplicar, seguir y evaluar (Elliott, 1994).

METODOLOGÍA

La metodología general se corresponde con un proceso de investigación acción sobre la práctica docente, que forma parte del desarrollo preliminar de un proyecto más amplio sobre enseñanza y aprendizaje de NdCyT (CYTPENCRI). La docente aplica a su grupo natural de estudiantes (20 estudiantes de último curso de grado, que se forman para ser profesores de ciencias en Colombia) una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) sobre un rasgo específico de NdCyT (La observación en la ciencia).

La docente estudia, se apropia y desarrolla la SEA de NdCyT y los procesos de planificación y aplicación en el aula, y evalúa la efectividad de la intervención para el aprendizaje de los estudiantes y los efectos para su formación y desarrollo profesional. Para ello, la docente maneja y aplica tres herramientas:

- a) el plan de intervención didáctica para enseñar a sus estudiantes la SEA “La observación en la ciencia”;
- b) un instrumento de evaluación de los aprendizajes de los estudiantes formado por cinco cuestiones (codificadas con los números 90111, 90411, 90521, 90621, 91121), extraídas de un banco más amplio (Cuestionario de Opiniones Ciencia, Tecnología, Sociedad, COCTS) que se refieren al papel de la observación en la ciencia conteniendo 25 frases que son respondidas en una escala Likert 1-9 (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003);
- c) las herramientas para documentar el CDC de la docente (ReCo y Rex-PyD), como reflexión de investigación-acción sobre su práctica de aplicar la SEA (Loughran, Berry y Mulhall, 2012). El Re-Co es un cuestionario abierto que plantea una serie de preguntas al docente, cuyas respuestas sirven para describir el conocimiento didáctico del contenido sobre un tema particular desarrollado a partir de la apropiación realizada por el profesor que implementa una secuencia de enseñanza/aprendizaje en una clase concreta. El RexPyD aporta también a la identificación del conocimiento didáctico del contenido del docente aplicador de la secuencia de una forma más

abierta. Ambos tratan de reconocer el grado en que las teorías personales y las prácticas educativas se corresponden con los marcos teóricos sugeridos para la educación científica.

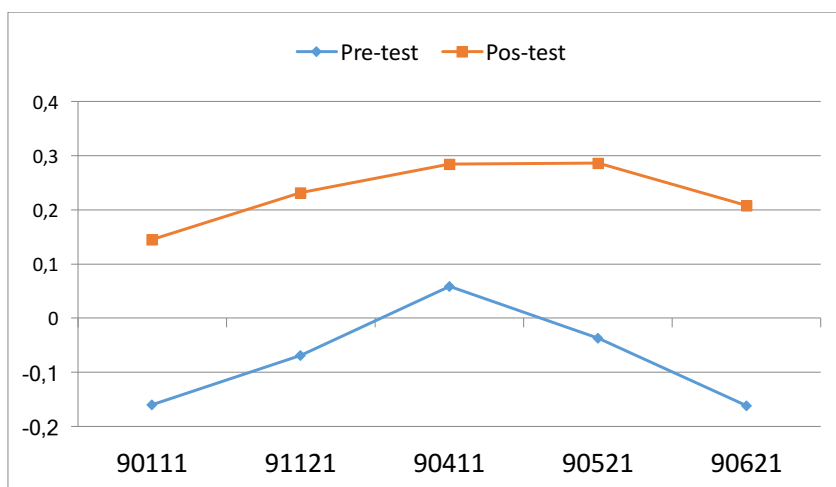
La evaluación de la efectividad de la intervención didáctica sobre el aprendizaje de los estudiantes se obtiene a través de un diseño experimental pre-test /post-test con los índices estandarizados (+1, -1) obtenidos de las respuestas a las 25 frases en las cinco cuestiones, que evalúan el rol de la observación, la carga teórica de las observaciones, el cambio y la diversidad metodológica en la ciencia (2). Cuanto más alto y positivo es el índice, más informadas son las concepciones epistemológicas de los estudiantes sobre la observación (ver resultados en gráfico 1). Los detalles técnicos del escalamiento de las puntuaciones y su significado invariante para cualquier frase y pregunta se ampliarán en el congreso, aunque también pueden consultarse en abierto (Bennássar et al., 2010).

Los efectos sobre el CDC de la docente se explicitan mediante una metodología de investigación acción, explícita y reflexiva, sobre su práctica; se documentan con sus reflexiones plasmadas por la propia docente en los instrumentos ReCo y Rex-PyD (ver muestras en las tablas 1 y 2).

RESULTADOS

Los resultados de la eficacia del aprendizaje de los estudiantes se evalúan mediante el contraste entre sus respuestas al pre-test y pos-test, expresadas mediante los índices estandarizados e invariantes sobre distintos aspectos de la observación en la ciencia recogidos en las cinco cuestiones. En el pre-test, los índices medios muestran que los estudiantes tienen concepciones poco informadas hacia la observación. Los resultados del pos-test, por el contrario, alcanzan índices mejores y positivos. La interpretación de estos resultados indica que la intervención pedagógica fue eficaz para mejorar las concepciones epistemológicas de los estudiantes acerca del rol de las observaciones científicas (gráfico 1).

Gráfico 1.
Índices medios pre-test y pos-test de las cinco cuestiones aplicadas a la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes profesores en formación inicial



La representación de contenidos para la enseñanza de la SEA por la Profesora se basa en tres “grandes ideas”, necesarias para la comprensión del concepto de la observación en la ciencia:

Las experiencias visuales no están solo determinadas por las imágenes formadas en la retina.

La observación en la ciencia depende de la teoría.

Los enunciados observacionales están cargados de teoría, y por lo tanto, son también falibles.

Tabla 1.
Representación de contenidos (Re-Co)
para la segunda idea central de la SEA “La observación en la ciencia”

CUESTIONES Re-Co	IDEA CENTRAL N°2 <i>“La observación en la ciencia depende de la teoría”</i>
1. ¿Qué me propongo que los estudiantes aprendan?	La influencia de la teoría y la experiencia en la observación.
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esto?	Transformar concepciones inductivistas mediante el análisis del papel de la observación en la ciencia.
3. ¿Qué más debería saber el profesorado acerca de esta idea?	Las leyes y teorías se construyen sobre la base de enunciados observacionales públicos, no por experiencias subjetivas privadas.
4. ¿Cuáles son las dificultades / limitaciones en la enseñanza de esta idea?	Conocimiento previo de figuras Gestalt empleadas. Existe una división tajante entre teoría y observación.
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas que pueden influir?	La ciencia comienza con la observación. La observación cuidadosa y sin prejuicios es la base segura del conocimiento científico.
6. ¿Qué otros factores influyen en mi enseñanza de esta idea?	Experiencia previa de los estudiantes. El ambiente de aprendizaje en el desarrollo de las actividades.
7. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza (y las razones particulares para usarlos)?	La indagación científica, debates controvertidos, Análisis de episodios históricos, demostraciones y explicaciones.
8. ¿Cuáles son las formas de determinar comprensión /confusión de los estudiantes sobre la idea?	Los argumentos, decisiones, producción de los estudiantes. El profesor introduce algunos errores y espera que los estudiantes lo noten.

La tabla 2 desarrolla la segunda idea central a través de las respuestas de la profesora a la preguntas contenidas en el instrumento de representación de contenidos del conocimiento didáctico (Re-Co).

Los estudiantes participaron en actividades propias de la actividad científica auténtica, desarrolladas por la Profesora: indagación, formulación de hipótesis, discusiones individuales y grupales y debates sobre temas controvertidos de interés científico, y reflexión permanente sobre los procesos de aprendizaje y actividades.

La tabla 2 muestra las relaciones entre la definición de ciencia aportada por las cuestiones del cuestionario COCTS, donde se encuentra combinada con otras ideas, el planteamiento de la docente en el Repertorio de Experiencia Profesional y Didáctica de la docente (RexPyD), acerca de la ciencia y el método, y los testimonios focalizados de algunos estudiantes que ofrecen la evolución cualitativa de sus concepciones acerca de la ciencia y la observación científica en relación con la construcción social del conocimiento científico.

En el congreso se ampliarán los fundamentos teóricos, la metodología y los instrumentos empleados y otros detalles de los resultados obtenidos en este estudio.

Tabla 2.
Una muestra de síntesis de la evolución conceptual de las concepciones de los estudiantes como triangulación entre el cuestionario COCTS, el repertorio de la docente (RexPyD) y los testimonios focalizados de los estudiantes.

COCTS	RexPyD	Testimonios focalizados
La ciencia es una actividad humana que busca mediante procesos de investigación explicar el mundo que le rodea.	<i>“Me di cuenta que los estudiantes tenían ideas equivocadas del método científico y del papel de la observación en la ciencia”.</i>	<i>“Desde esta secuencia fue posible pensar en la ciencia como actividad humana y proceso social en permanente construcción...”. E3.</i>
El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	<i>“Las conclusiones relevantes que emergen de la discusión final hacen hincapié en que la ciencia es una actividad de construcción de conocimiento y que el papel que le atribuyen los indicativitas a la observación no es correcto”.</i>	<i>“Considero que la realización de esta unidad nos ha ampliado el conocimiento en relación a la sociología, historia y epistemología de la ciencia”. E5.</i>
Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).	<i>“Me gusta hacer hincapié en que es este tipo de situaciones, donde los científicos no están seguros de la respuesta, que a menudo llevan a los científicos a establecer acuerdos”.</i>	<i>“(…) No cabe duda que aprendí de esto que la construcción de la ciencia ha sido una producción social, en donde el “científico” es un sujeto también social”. E3.</i>
Las observaciones científicas hechas por científicos competentes son distintas, porque los científicos piensan de manera diferente lo que influye en sus observaciones.	<i>“Intercambios como este entre estudiantes me dicen que están recibiendo la idea y están empezando a analizar que la observación no sólo está determinada por los objetos observados sino también por las teorías a través de las cuales se los mira”.</i>	<i>“Al principio yo consideraba que la observación era el primer paso para construir una teoría y que de esta forma debían iniciar mis lecciones en el aula de clase, ahora entiendo que la observación en la ciencia es un elemento importante pero no es definitiva”. E2.</i>

CONCLUSIONES

La implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje “la observación en la ciencia” permitió que los estudiantes profesores de ciencias en formación concepciones informadas sobre: (a) los conocimientos previos, experiencias y teorías influyen en el proceso de observación; (b) diferencias entre percepción, observación e inferencia; evidenciar cómo a partir de un mismo objeto observado, las personas suelen dar diferentes respuestas a la misma pregunta y (c) importancia del consenso en la observación científica (Vázquez y Manassero, 2016).

La metodología de IA permitió a la docente reflexionar e indagar acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje sobre aspectos de naturaleza de la ciencia, acceder a nuevas formas de abordar el proceso educativo y profundizar en los procedimientos y estrategias pedagógicas (Kemmis et al., 2004).

La implementación de esta metodología innovadora en el aula hizo posible reconocer importantes contribuciones: generar cambio conceptual, estimular en la profesora la creación de nuevos significados y la satisfacción de lograr un aprendizaje atractivo para los participantes, reflejado en la motivación de los estudiantes hacia la participación en la toma de decisiones y la argumentación, el aprendizaje autónomo, el trabajo compartido en equipo, la autorreflexión y el diálogo (Abd-el-Khalick y Akerson, 2009).

El papel de los instrumentos de representación del CDC para la autoformación del el profesorado, especialmente en contenidos curriculares que reúnen rasgos de dificultad o innovación reconocidos, como es el caso de naturaleza de la ciencia, es relevante aunque aún está poco explorado, y su uso en el marco de IA prometedora.

Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y AKERSON, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31, 2161-2184.
- BENNÁSSAR, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A., y GARCÍA-CARMONA, A. (2010). Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. Consultado en www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf.
- DENG, F., CHEN, D.-T., TSAI, C.-C., y CHAI, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961-999.
- ELLIOTT, J. (1994). La investigación-acción en educación. Madrid: Ediciones Morata S. L.
- HODSON, D. (2009). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and value. Rotterdam: Sense Publishers.
- KEMMIS, S., y McTAGGART, R. y RETALICK, J. (Eds.). (2004). The action research planner. Karachi: Aga Khan University, Institute for Educational Development,
- LEDEN, L., HANSSON, L., REDFORS, A., y IDELAND, M. (2015). Teachers' Ways of Talking About Nature of Science and Its Teaching. *Science & Education*, 24, 1141-1172.
- LOUGHRAN, J.; BERRY, A., y MULHALL, P. (Eds.) (2012). Understanding and Developing Science Teachers Pedagogical Content Knowledge. Rotterdam: Sense Publishers.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2003). Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service. Consultado en http://store.ets.org/store/ets/en_US/pd/ThemeID.12805600/productID.39407800
- MILLAR, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- VÁZQUEZ, Á. y MANASSERO, M. A. (2016). Un modelo formativo para mejorar las ideas de los profesores sobre temas de naturaleza de ciencia y tecnología. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 20(2), 56-75.