

# INNOVAR LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS A TRAVÉS DE ENSEÑAR Y APRENDER ACERCA DE LA NATURALEZA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

M. Antonia Manassero–Mas, A. Bennàssar-Roig, Silvia Ortiz-Bonnin  
*Universidad de las Islas Baleares*

Raúl O. Moralejo  
*Universidad T. Nacional de Mendoza*

## OBJETIVOS

Esta comunicación contribuye a lema del congreso tratando de mejorar la enseñanza de la ciencia a través de una propuesta innovadora para promover la comprensión del funcionamiento actual de la ciencia y tecnología en la sociedad (CTS), transformando las propuestas de la investigación didáctica en instrumentos útiles para los profesores en el aula. Describe las líneas básicas de un proyecto de investigación (EANCYT, Enseñanza y aprendizaje de naturaleza de la ciencia y la tecnología, NdCyT) que afronta el problema educativo de enseñar NdCyT con calidad y eficacia en países latinos.

El propósito central es presentar los aspectos comunes del proyecto y del simposio, es decir, los fundamentos teóricos y didácticos para enseñar contenidos de NdCyT, que se apoyan en tres ejes básicos: la investigación sobre NdCyT, sobre secuencias de enseñanza-aprendizaje y las teorías del aprendizaje de la ciencia. Los aspectos innovadores de la comunicación se centran en el diseño de las secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) a aplicar en el aula, los instrumentos de evaluación de la mejora del aprendizaje de los estudiantes y el diseño empírico de la investigación para la verificación de la eficacia de las SEAs.

## MARCO TEÓRICO

El objetivo clave de la educación científica hoy se resume en el lema de la alfabetización científica para todos, que tiene dos componentes principales: la comprensión “de” la ciencia (los tradicionales conceptos y procesos de la ciencia) y la comprensión “acerca” de la ciencia (o naturaleza de la ciencia), los elementos filosóficos, éticos, y sociológicos que impregnan la ciencia como forma de conocer y actuar sobre el mundo (Hodson, 2009; Millar, 2006). Además, dada la profunda integración actual entre CyT, el concepto de naturaleza de la ciencia se extiende de una manera natural para englobar también la tecnología, de modo que el referente integrador se denomina naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT). Dicho de otro modo, la NdCyT se refiere a los contenidos de historia, filosofía y sociología de CyT, también reconocidos como relaciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS) (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007).

---

La enseñanza de NdCyT representa un reto innovador, por la novedad de sus temas y por su complejidad, que conlleva dificultad y cierto rechazo desde visiones tradicionales o acriticas (Hodson, 2009; Millar, 2006; Rudolph, 2000).

En los últimos años, la investigación sobre NdCyT se ha centrado en desarrollar un currículo apropiado (contenidos, actividades, evaluación) y en clarificar la eficacia de diferentes métodos de enseñanza en el aula (ver p. e. Acevedo, 2009; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2008). Para simplificar la enseñanza de temas muy complejos y controvertidos, la línea de “consensos” propone centrar el currículo de NdCyT en determinados rasgos razonablemente compartidos por los especialistas, línea que ha facilitado que los currículos de numerosos países contemplen ya la NdCyT como uno de sus contenidos oficiales (ver una revisión en Vázquez y Manassero, 2012).

La literatura sobre la efectividad de diversas metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la NdCyT decanta dos condiciones clave: el carácter explícito de la enseñanza (la planificación clara de objetivos, contenidos y evaluación), y la realización de actividades meta-cognitivas de reflexión sobre NdCyT, como preguntas, diálogos, debates, argumentación, toma de decisiones, creatividad, etc. (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Acevedo, 2009, 2008; García-Carmona et al. , 2011).

## **METODOLOGÍA**

La investigación se plantea como un conjunto de acciones realizadas cooperativamente por un equipo internacional iberoamericano, amplio y multidisciplinar, para verificar la eficacia de la mejora en la enseñanza de NdCyT.

### **Participantes**

Para tener una perspectiva longitudinal del objetivo, la muestra planificada se compone de estudiantes y profesores en formación en sus grupos-aula naturales, distribuidos regularmente en niveles a lo largo del sistema educativo. Los niveles 1 y 2 son grupos-aula pre-universitarios (en torno a 12 y 15 años); los niveles 2 y 3 son grupos-aula de estudiantes de universidad en el primer y último curso de grado o en posgrados.

### **Instrumentos**

Los instrumentos de investigación son de dos tipos: de intervención didáctica (la planificación de una SEA sobre un rasgo específico a enseñar de NdCyT) y de evaluación de la mejora.

El instrumento de planificación, que determina la enseñanza en el aula y la intervención del profesor, se reconoce hoy con la denominación secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA). Una SEA es el plan articulado de actividades de aprendizaje y de pautas sobre reacciones esperadas de los estudiantes, fundamentadas en la investigación y adaptadas al nivel evolutivo de los estudiantes. Las actividades de una SEA atienden a las concepciones de los alumnos, las características y contenidos del dominio NdCyT, los supuestos epistemológicos, las perspectivas de aprendizaje, los enfoques pedagógicos actuales y las características del contexto educativo; supropuesta abarca orientaciones para el profesor, materiales de enseñanza, análisis de contenidos, motivaciones y limitaciones del instrumento. La calidad de una SEA se basa en la buena articulación y coherencia de este conjunto de elementos (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004).

Además, las SEAs están ligadas a aprendizajes de inspiración activa y constructivista (cambio conceptual) en progresiones de aprendizaje, y pueden considerarse una vía natural de llevar a cabo inves-

---

tigación sobre la enseñanza de las ciencias en el aula (Duschl, Maeng y Sezen, 2011). Reconocen la dimensión social del aprendizaje, en el plano social del aula, donde la discusión y la argumentación juegan un papel importante en las interacciones entre los estudiantes y el profesor, (Millar, Leach, Osborne y Ratcliffe, 2006).

## Procedimiento

La investigación aplica un diseño (quasi)-experimental longitudinal con grupo de control de tres fases: pre-test – intervención (enseñanza de un rasgo de NdCyT mediante la aplicación del instrumento de intervención didáctica a un grupo natural de estudiantes) - post-test para valorar la efectividad de la intervención.

Las teorías anteriores y la práctica de la enseñanza han desarrollado los conceptos de conocimiento didáctico del contenido (CDC) y estructuras didácticas, que convergen en un modelo operativo de planificación de la enseñanza, aplicado al diseño de SEA para enseñar NdCyT. El CDC resalta la idea que el profesor debe dominar la materia científica de la enseñanza y las herramientas didácticas (Shulman, 1986); posteriormente Mulhall, Berry y Loughran (2003) han añadido las perspectivas socio-constructivistas y el pensamiento teórico y práctico del profesor.

Las “estructuras didácticas” (Lijnse, 1995) son esquemas generales que permiten a los estudiantes construir sus aprendizajes en el aula. Han sido desarrolladas por Kortland (2001) en cinco fases (motivación, pregunta, investigación, aplicación y reflexión) y posteriormente por Eisenkraft (2003), que propuso un “ciclo de aprendizaje 7E” con siete fases (Extraer, Envolver, Explorar, Explicar, Elaborar, Extender y Evaluar). Con ellas se elaboró la estructura didáctica base para planificar las SEAs sobre temas de NdCyT del proyecto de investigación (tabla 1).

## RESULTADOS

Como resultados de la investigación EANCYT se presenta la instrumentación creada, a saber: el diseño experimental, como metodología común para la aplicación, los instrumentos de intervención didáctica y evaluación (SEAs), los cuestionarios de evaluación, pre y post test, los cuestionarios de entrevistas a alumnos, el esquema de actividades del profesor para la aplicación de una SEA, el informe de aplicación de la unidad didáctica del profesor aplicador y la planificación general de aplicaciones de unidades didácticas.

La estructura didáctica 7E ha sido aplicada en el diseño del esquema general de las secuencias de enseñanza-aprendizaje del proyecto EANCYT (tabla 1).

Tabla 1.  
Esquemageneral de las secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEAs).

TÍTULO		Nº SESIONES	
JUSTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN GENERAL (resumen)		(años)	
RELACIÓN CON EL CURRÍCULO		NIVEL/ETAPA CURSO ÁREA BLOQUE	
COMPETENCIA(S) BÁSICA(S)			
OBJETIVOS			
REQUISITOS			
Tiempo	ACTIVIDADES (Alumnado / Profesorado)	Metodología/ organización	Materiales/ Recursos
	ENGANCHAR Introducción-motivación		
	ELICITAR Conocimientos previos		
	Actividades de Desarrollo		
	EXPLICAR Contenidos		
	EXPLICAR Procedimientos		
	EXPLICAR Actitudes		
	EXPLORAR Consolidación		
	Evaluar		
	Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar)		
	Criterios/indicadores		
	EXTENDER Actividades de refuerzo		
	EXTENDER Actividades de recuperación		
	EXTENDER Actividades de ampliación		
	/		

Los investigadores aplican el anterior esquema abstracto a la construcción de las secuencias específicas para cada tema NdCyT; se ha desarrollado 61 SEAs en el proyecto y una estructura de dimensiones que organiza temas de NdCyT y SEAs.

Además, una plataforma informática (COCTS) vehicula la aplicación automatizada de los instrumentos de evaluación pre-test y post-test que valoran la mejora en cada SEA y sistematiza la recogida de datos de evaluación de las SEAs (figura 1).

Nombre	Identificador	Año	Tipo de carga	Vencimiento	Instancias
905. Investigando dragones	102-c-pos	2012	Interactivo	31/12/2012	Listado
401. La participación de la CT y S en...	4401	2012	Interactivo	31/12/2012	
704. Ciencia y competencia	4704	2012	Interactivo	31/12/2012	
906. ¿Cómo se validan las explicaciones...	4906b	2012	Interactivo	31/12/2012	
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	121-e-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nueva   Listado
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	122-e-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nueva   Listado
906. Razonamiento Lógico en la Ciencia	123-c-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nueva   Listado
906. Plantina flotante	4906	2012	Interactivo	31/12/2012	Listado
902. Definir una forma de modelar. E...	4902a	2012	Interactivo	31/12/2012	
205. La ciencia en la vida cotidiana	43-c-pre	2012	Manual	31/12/2012	Nueva   Listado

Fig. 1. Lista de proyectos en la plataforma informática (COCTS) para la aplicación automatizada de los instrumentos de evaluación.

En el congreso se expondrán ejemplos de todos los instrumentos citados, que las limitaciones de espacio permiten aquí.

## CONCLUSIONES

La aportación principal de este estudio es presentar una fundamentación metodológica común del proyecto que sustenta el simposio. Está basada en un diseño pre-pos test y en unos instrumentos para la enseñanza y la evaluación de la mejora en la comprensión de NdCyTestandarizados, creados por el proyecto. Las SEAs producidas se espera que sean mejoradas en aplicaciones sucesivas con las aportaciones extraídas de la práctica docente de los profesores aplicadores.

La principal aportación e idea base del proyecto es que los instrumentos permiten comparaciones entre diversos tratamientos didácticos (SEAs) para enseñar NdCyT y también entre diversas investigaciones que usan el mismo instrumento de evaluación y entre diferentes planteamientos didácticos o investigadores. Esta cuestión no es viable hoy con los métodos e instrumentos existentes, idiosincrásicos y cualitativos.

Los resultados producidos y la tecnología didáctica creada pretenden trascender el propio proyecto de investigación, a través de la diseminación e institucionalización de metodologías, instrumentos y buenas prácticas, generar formación investigadora, fomentar el trabajo en equipo internacional cooperativo y crear redes de colaboración interuniversitaria y transnacional. En este aspecto, el proyecto busca la transferencia y extensión de materiales educativos, prácticas y líneas de investigación, para mejorar la formación de profesores y el aprendizaje de los estudiantes de ciencias. Esta transferencia irá acompañada y avlada de los resultados de eficacia obtenidos por cada instrumento en la aplicación experimental de la investigación EANCYT.

---

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

## 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, pp. 2161-2184.
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), pp. 134-169.
- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques Explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), pp. 355-386.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 42-66.
- Buty, C., Tiberghien, A. y Le Maréchal J.F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 579-604.
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), pp. 123-182.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), pp. 403-412.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam, Sense Publishers.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), pp. 470-496.
- Lederman, N. G. (2008). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, pp. 831-879. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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), pp. 1499-1521.
- Millar, R., Leach, J. Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2006). *Improving Subject Teaching. Lessons from research in science education*. London, Routledge.
- Mulhall, P., Berry, A. y Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), pp. 1-25.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), pp. 403-419.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
- Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2). Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), pp. 2-33.