

# Un modelo de formación inicial del profesorado en temas de naturaleza de ciencia y tecnología

Vázquez–Alonso, Á., Manassero–Mas, M. A.

Universidad de las Islas Baleares, España. [angel.vazquez@uib.es](mailto:angel.vazquez@uib.es)

## RESUMEN

Esta comunicación presenta un modelo formativo inicial para profesores de ciencias, que sigue las líneas sugeridas en la investigación para los temas innovadores de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se consideran claves para la alfabetización científica de todos. Los profesores desarrollan unas actividades autónomas de reflexión sobre el conocimiento del contenido didáctico acerca de un tema específico de NdCyT (investigaciones científicas). Los efectos del modelo de formación se evalúan a través de una metodología casi-experimental longitudinal que aplica un instrumento de evaluación estandarizado pre- post-test y recoge las reflexiones auto-evaluadoras de los profesores. Los resultados presentan los aspectos de mejora de los profesores, sus reflexiones de auto-evaluación acerca de sus respuestas y cambios en su comprensión del tema. Finalmente, se discute la viabilidad, la generalización y la mejora del modelo de formación inicial propuesto para el profesorado de ciencias.

## Palabras clave

Naturaleza de ciencia y tecnología; formación del profesorado; evaluación; alfabetización en ciencia y tecnología; competencia básica en ciencia y tecnología.

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

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista educativo, el lema de la alfabetización científica (o cultura científica) de todos los ciudadanos tiene dos componentes básicos: la comprensión “de” la ciencia (los tradicionales conocimientos sobre hechos, conceptos, principios y procesos de la ciencia), y la comprensión “acerca” de la ciencia o ideas sobre ciencia (conocer cómo opera la ciencia para validar sus conocimientos y como interacciona con la sociedad hoy). Este segundo componente se denomina usualmente naturaleza de la ciencia en la literatura anglosajona (Hodson, 2009; Millar, 2006). En el ámbito educativo, el concepto de tecnociencia permite, por analogía, extender de una manera natural el concepto de naturaleza de la ciencia a la denominación integral de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se usa en adelante para describir con mayor precisión las interacciones CTS en el mundo actual (Tala, 2009).

En los últimos años, distintas investigaciones sobre la comprensión de la NdCyT por el profesorado reiteran el mismo mensaje negativo: una mayoría de profesores muestran creencias tradicionales, positivistas e idealistas. Creen que el conocimiento científico es relativamente definitivo, estable, verdadero y absoluto, y que los científicos individuales

(se ignora el rol de la comunidad científica), se limitan a aplicar el método, registrar hechos que hablan por sí mismos y organizar el conocimiento científico (Ma, 2009).

La complejidad de los temas de NdCyT, en su transposición en contenidos curriculares para su enseñanza en el aula, ha sido reducida en gran parte gracias al reconocimiento de la existencia de ciertas ideas que merecen un amplio consenso entre los especialistas (Vázquez y Manassero, 2012).

La investigación para mejorar la enseñanza acerca de NdCyT se ha centrado sobre el desarrollo curricular y la efectividad en el aula; ambos temas son complejos por la cantidad de factores cruzados intervinientes que impiden, limitan o facilitan la enseñanza de NdCyT. A pesar de las dificultades, la revisión de la literatura especializada permite concluir que el logro de una enseñanza de la NdCyT efectiva se consigue a través de dos condiciones clave:

- el carácter explícito de la enseñanza y
- la realización de actividades reflexivas sobre NdCyT.

La comprensión del profesorado sobre temas de NdCyT no es adecuada, y este es el principal obstáculo para su enseñanza (Vázquez y Manassero, 2012). El conocimiento de contenidos, las ideas previas y la comprensión de NdCyT de los profesores constituyen una condición necesaria (aunque no suficiente) para su enseñanza en el aula. La otra tiene que ver con la decisión de enseñar temas CTS que son innovadores, complejos y sobre los que carecen de formación docente.

Este estudio afronta este campo abierto de investigación con la formación de un grupo de profesores de ciencias enrolados en el master de formación del profesorado. La perspectiva de esta investigación es educativa: la comprensión de NdCyT es considerada un componente central de la alfabetización científica para todos y como tal, se incorpora en los contenidos de los currículos escolares. Este estudio presenta los resultados de una investigación empírica acerca de la eficacia de formar sobre un aspecto de NdCyT – en este caso, la toma de decisiones de los científicos e investigaciones científicas– a través de una secuencia de aprendizaje breve, específica y centrada en unas actividades de aprendizaje reflexivas acerca del tema de NdCyT citado, basadas en casos históricos de CyT.

## **METODOLOGIA**

### **Participantes**

El profesorado en formación es un grupo de 9 estudiantes (media 24 años), enrolados en el master de formación del profesorado de secundaria de ciencias, que han terminado grados en ciencias físicas, químicas o biológicas.

### **Instrumentos**

Los instrumentos de investigación que se aplican en este análisis de caso son de dos tipos: el instrumento de intervención didáctica (secuencia de enseñanza aprendizaje SEA) y el instrumento de evaluación.

El instrumento de intervención didáctica es una SEA que comprende varios documentos y actividades. El profesor debe estudiar las características de los documentos y materiales que forman cada SEA y, a partir de ellas, proponer los elementos didácticos fundamentales de la misma (objetivos, inserción en el currículo, actividades, secuenciación, etc.). Cada profesor recibe una SEA personalizada, aunque todas ellas se

basan en un texto histórico sobre un episodio clave de la ciencia y materiales con algunas preguntas sobre ese texto, que pretenden activar la reflexión para intentar responderlas en los estudiantes diana de secundaria a quienes hipotéticamente va dirigida la SEA cuya preparación realiza el profesor (ver un ejemplo en el Apéndice).

El segundo documento es una matriz esquemática vacía; el profesor debe llenar y completar sobre esa matriz vacía los contenidos didácticos, de modo que el producto es el diseño personal completo de la SEA.

El tercer documento es una entrevista abierta de reflexión personal sobre las respuestas del profesor a varias cuestiones de evaluación antes y después del diseño de la SEA:

1. Explica las razones que justifican tus valoraciones en esta cuestión.
2. Compara tus primeras respuestas con las segundas, y en caso que tu opinión haya cambiado en algo, explica las razones que justifican tus cambios en cada cuestión.

La eficacia de estas actividades para mejorar la comprensión del profesor sobre el aspecto de NdCyTestudiado se evalúa mediante un instrumento de evaluación estandarizado de papel y lápiz formado por diez cuestiones extraídas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), y relacionadas con el contenido del tema estudiado (toma de decisiones de los científicos e investigaciones científicas). Las diez cuestiones de evaluación aplicadas como pre-test y post-test para evaluar la eficacia de la intervención didáctica con los profesores (figura 1 y tabla 1) son las siguientes:

Ciencia como Proceso (10113). El proceso de hacer ciencia se describe mejor como ...:

Características de Científicos (60211). El mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer mejor ciencia.

Controversias; Cierre por hechos (70221). Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.

Universalidad de ciencia Personalidad científicos de científicos (70611). Con los mismos conocimientos básicos, dos científicos pueden desarrollar la misma teoría independientemente uno de otro. El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría.

Universalidad de ciencia Científicos brillantes (70621). Algunos científicos brillantes como Einstein tienen una manera personal y peculiar de ver las cosas. Estos puntos de vista creativos determinan cómo interpretan las cosas otros científicos en el mismo campo.

Observaciones y carga teórica (90111). Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.

Provisionalidad (90411). Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.

Método científico (90611). Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:

Investigaciones científicas Utilidad (90621). Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.

Investigaciones científicas Acumulativas (90631). Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento.

### Procedimiento

La experiencia cuyos resultados se presentan aquí se desarrolla en fases:

- a) una evaluación inicial
- b) tratamiento experimental: desarrollo de las actividades de estudio y análisis de los documentos de la SEA y la reconstrucción didáctica completa de la SEA, llenando de contenido un esquema vacío, como instrumento de cambio conceptual en el profesor.
- c) una evaluación final, aplicando al profesor el mismo instrumento de evaluación inicial formado por las cuestiones del COCTS (el profesor es ciego a la repetición).
- d) una entrevista de reflexión escrita del profesor acerca de sus respuestas iniciales y finales a las cuestiones de evaluación (el profesor recibe sus respuestas), con especial énfasis en el análisis de los cambios surgidos entre pre-test y post-test.

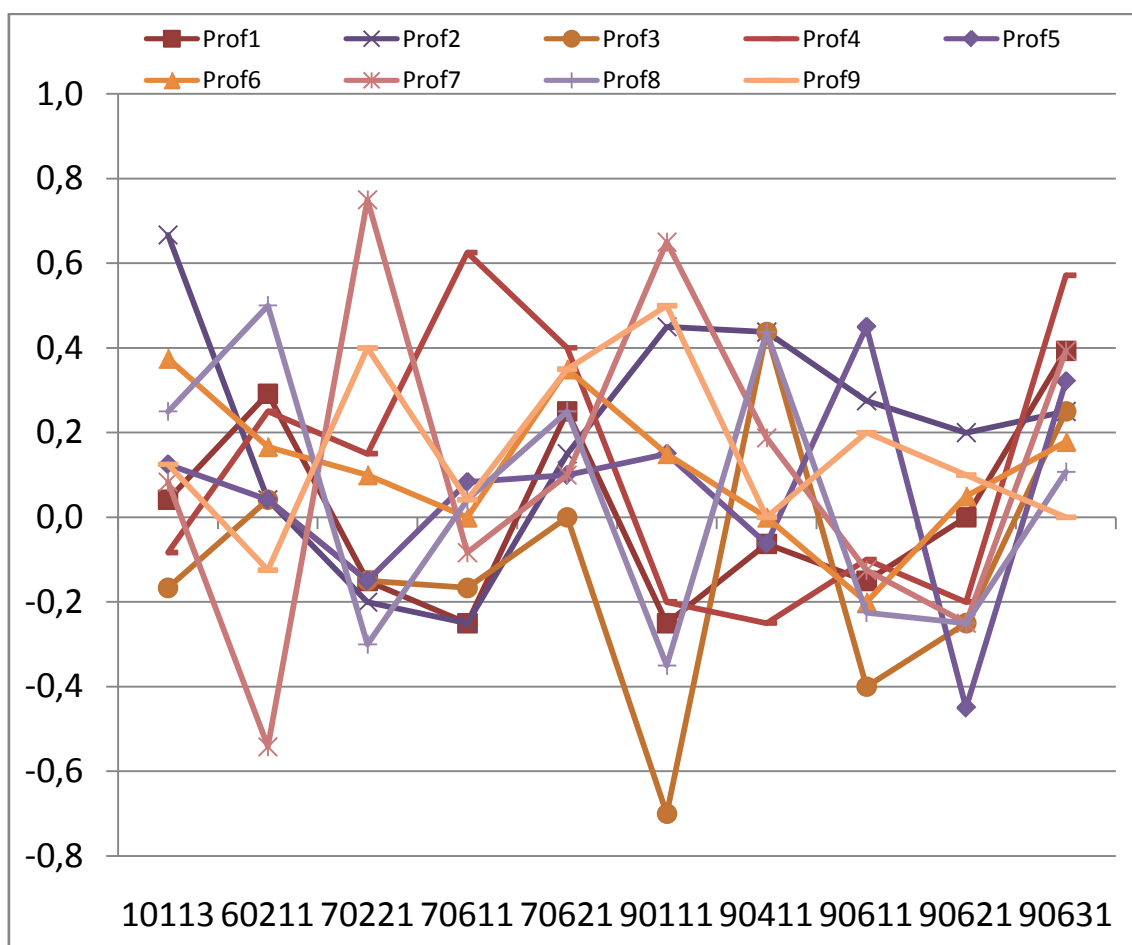


Figura 1. Perfiles individuales de las líneas base iniciales de los nueve profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas (índices medios pre-test en cada cuestión).

Para valorar la efectividad del tratamiento se comparan los resultados de la evaluación inicial y final según procedimientos estandarizados de valoración de las respuestas de los estudiantes (Bennàssar et al. 2010) y la entrevista.

## RESULTADOS

Este estudio está en proceso de desarrollo, por lo que los resultados que se exponen aquí son provisionales y limitados por el espacio disponible (en los Encuentros se presentaran con más detalle los instrumentos y resultados disponibles). Las limitaciones de espacio solo permiten presentar unas muestras, aunque en los Encuentros se presentarán con más detalle el modelo y los productos realizados por los profesores a lo largo de las actividades de la experiencia, a saber: las reconstrucción de los elementos didácticos de la SEA, las ideas previas del pre-test, respuestas del post-test, entrevista escrita de comparación y reflexión.

La figura 1 recoge los resultados del pre-test para los profesores participantes en la experiencia de formación. La amplia dispersión de las puntuaciones en todas las preguntas constituye una prueba más de la excesiva variabilidad de ideas previas y, al mismo tiempo, la abundancia de puntuaciones negativas muestra la deficiente formación del profesorado de ciencias sobre los temas de NdCyT. La cuestión 90111 exhibe la variabilidad más alta entre los nueve profesores y la cuestión 70621 presenta la variabilidad más pequeña entre los nueve profesores y, además puntuaciones medias positivas).

La tabla 1 muestra la comparación pre-test post-test de los resultados de un profesor a tres cuestiones que exhiben las diferencias positivas (mejoras) más evidentes.

	<i>Cuestiones</i>		
	<i>70221 Controversias (Cierre por hechos)</i>	<i>70611 Universalidad de la ciencia (Personalidad del científico)</i>	<i>90621 Investigaciones científicas (Método)</i>
<b>Post-test</b>	0.050	0.125	0.550
<b>Pre-test</b>	-0.200	-0.250	0.200
<b>Diferencias</b>	+ 0.250	+ 0.375	+ 0.350

*Tabla 1. Resultados en tres cuestiones de los índices medios para la evaluación inicial y final del profesor 1 que mejora su comprensión de NdCyT.*

La evaluación cualitativa analiza las reflexiones personales de los profesores sobre su propio pensamiento en la entrevista reseñada. De la primera pregunta de reflexión (explicar las razones de las valoraciones) se muestran algunas valoraciones relevantes de las respuestas de tres profesores prototípicos: el profesor 2 (mejora), el profesor 3 (empeora) y el profesor 5 (grandes cambios). La tabla 2 muestra extractos literales de las respuestas de estos tres profesores a la primera pregunta sobre las tres cuestiones donde el profesor 1 mostró mayor mejora. Las respuestas ejemplifican la gradación entre la concepción informada del profesor 1 y las menos informadas del profesor 3 y la sutilidad de los matices (a veces pequeños) que diferencian unas posiciones de otras.

El profesor 1 justifica sus respuestas por considerar la centralidad de que las teorías se basan en algo más que en hechos, matizando que los hechos son el factor más fuerte (“...lo más objetivos posibles”), aunque admite la influencia de otros factores, entre los que cita un poco ingenuamente el carácter y no tanto la opinión y los posibles

beneficios. Los otros profesores ratifican la importancia total de los hechos (exclusiva), aunque el profesor 5 alude la influencia del científico en la comprobación (no en la génesis).

<b>Profesor 1 (mejora)</b>	<b>Profesor 3 (empeora)</b>	<b>Profesor 5 (gran cambio)</b>
<i>70221 Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos. En ellas influyen otras variables como el carácter del científico, la estructura lógica de la teoría, etc. Los científicos deben ser lo más objetivos posibles.</i>	<i>Pienso rotundamente que los científicos deben aceptar una nueva teoría o no dependiendo exclusivamente de los hechos objetivos y no dejarse llevar por sus creencias o por sus sentimientos.</i>	<i>Estoy de acuerdo con que los hechos determinan exclusivamente la teoría, que necesita ser comprobada y que depende del carácter de cada científico.</i>

*Tabla 2. Textos extractados literalmente de las reflexiones de tres profesores ante la primera pregunta (Explica las razones que justifican tus valoraciones) para las tres cuestiones donde el profesor 1 tuvo las mayores mejoras.*

La reflexión cualitativa de los profesores, por un lado, confirma y precisa muchos de los resultados cuantitativos de la evaluación con las cuestiones del test, pero no todos; por otro lado, también muestra que los profesores cometen muchos errores en la identificación de los cambios en las propias ideas a través de la auto-evaluación realizada.

## **CONCLUSIONES**

Esta comunicación presenta unas actividades de desarrollo del currículo (diseño, planificación, elaboración y aplicación de secuencias de enseñanza-aprendizaje), que constituyen aprendizajes básicos en la formación del profesorado, complementadas con la reflexión didáctica personalizada, se han aplicado para enseñar explícitamente a los profesores sobre un tema concreto y específico de NdCyT (investigaciones científicas), en lugar de varios temas o uno muy genérico como ha sido habitual en otros estudios (Hanuscin, Lee y Akerson, 2011; Tsai, 2007).

Los resultados empíricos globales sobre la mejora en la comprensión de NdCyT de los 90 indicadores de profesores y cuestiones muestra que la mayoría (51) son positivos (mejora). Las cuestiones y los profesores se dividen aproximadamente por la mitad entre los que mejoran y empeoran, aunque los profesores que empeoran exhiben también cuestiones con mejoras relevantes. Se percibe que los graduados en física y química tienden a estar en el grupo que mejora y los graduados en ambientales y farmacia en grupo que empeora.

En conjunto, los resultados obtenidos deben valorarse en el contexto de la modesta experiencia realizada. Es importante resaltar que el efecto de la intervención realizada surge solo de la reflexión didáctica de los profesores sobre el tema específico ya que no ha contemplado actividades de transmisión de conceptos sobre el tema realizada por un profesor, como ha sido habitual en otros estudios. Además, esta intervención es muy breve en el tiempo (unas ocho horas de trabajo personal de los profesores) si se compara con la mayoría de estudios que contemplan años, semestres o meses (Deng et al. 2011).

La experiencia realizada permite proponer un modelo reflexivo de formación (tabla 3) avalado por resultados que confirman su eficacia. Este modelo articula tareas específicas de reflexión desarrolladas sobre NdCyT, pero que, además, contribuyen a la competencia general de formación en el conocimiento didáctico del contenido de ciencias. Además, los instrumentos estandarizados del modelo de formación, confirman su validez y facilitan su disseminación y uso por otros formadores.

Procesos	Instrumentos	Actividades de reflexión del profesor	Orden secuencial
Intervención didáctica	Texto histórico y actividades docentes	Lectura, análisis y reflexión	2
	Matriz vacía de secuencia	Reconstrucción didáctica de secuencia (resumen, objetivos, contenidos, básicos, criterios de evaluación, etc.)	3
Evaluación	Cuestionario de COCTS	Pre-test: Responde	1
		Post-test: Responde	4
	Resultados de pre y post tests	Reflexiona y compara (reelabora datos)	5
	Dos preguntas (Explica... y Compara...)	Escribe respuestas reflexivas	6

*Tabla 3. Modelo explícito y reflexivo de formación de profesores de ciencias que se ha aplicado a la comprensión de un tema de NdCyT (investigaciones científicas).*

En los encuentros se discutirán aquellos aspectos que pueden contribuir a refinar y mejorar el modelo de formación inicial, tales como la participación del formador interviniendo con docencia directa, la extensión a una dimensión social de los procesos de reflexión personal, y la inclusión de debates colectivos sobre NdCyT en el grupo de profesores en formación (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006).

## BIBLIOGRAFIA

- Akerson, V. L., Morrison, J. A., y McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A., y García-Carmona, A. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C-C, & Chai, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961-999.
- Hanuscin, D. L., Lee M. H. y Akerson V. L. (2011). Elementary Teachers Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science. *Science Education*, 95(1), 145-167.

Hodson, D. (2009). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and value. Rotterdam: Sense Publishers.

Ma, H. (2009). Chinese Secondary School Science Teachers' Understanding of the Nature of Science Emerging from Their Views of Nature. *Research in Science Education*, 39(5), 701-724.

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.

Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18, 275-298.

Tsai, C-C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91(2), 222-243.

Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2-33.

## **APÉNDICE A. TEXTO HISTÓRICO. LUZ: ONDA O PARTÍCULA**

Durante los siglos XVIII y XIX, hubo una gran controversia acerca de lo que es en realidad la luz. Newton pensaba que la luz es una corriente de partículas que se mueven a gran velocidad en línea recta. Por eso, un haz de luz se refleja en un espejo con el mismo ángulo que le llega. Las partículas de luz se comportan como bolas rebotando en los lados de una mesa de billar.

En 1800, el físico francés Augustin Fresnel - mientras experimentaba con la luz - se le ocurrió la idea de que la luz es una onda, semejante a las olas sobre la superficie de un lago. Hizo algunos cálculos basados en esta idea e hizo una predicción bastante sorprendente: un rayo de luz proyectado sobre un disco circular proyecta una sombra con un punto luminoso en el centro.

Muchos físicos pensaron que la idea de Fresnel estaba equivocada, porque nadie había visto nunca un punto brillante en medio de una sombra. Además, la idea de Newton sobre la luz no predecía este punto central brillante. Cuando los físicos llevaron a cabo el experimento, sin embargo, ¡se pudo ver un punto brillante en el centro de la sombra del disco!

Aún así, algunas personas no aceptaron la idea de Fresnel. Algunos físicos británicos aún pensaban que Newton tenía razón. Esto dio lugar a dos diferentes predicciones.

Físicos británicos:

Si la luz es una corriente de partículas, nuestros cálculos dicen que la luz viajará más rápidamente en el agua que en el aire.

Físicos franceses:

Si la luz es una onda, nuestros cálculos dicen que la luz viajará más lentamente en el agua que en el aire.

En 1849, la controversia se resolvió cuando la velocidad de la luz en el agua fue medida por primera vez. La velocidad de la luz es más lenta en el agua que en el aire, como predecía el francés.