



**VOL. 20, Nº 2 (Mayo-Agosto 2016)**

ISSN 1138-414X (edición papel)

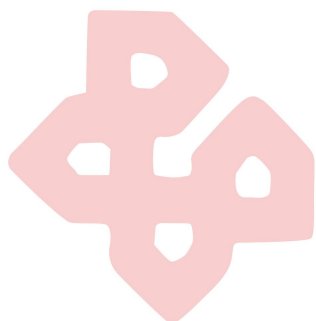
ISSN 1989-639X (edición electrónica)

Fecha de recepción 30/04/2014

Fecha de aceptación 14/10/2014

## UN MODELO FORMATIVO PARA MEJORAR LAS IDEAS DE LOS PROFESORES SOBRE TEMAS DE NATURALEZA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

*A training model to improve teachers' ideas about the nature of science and technology issues*



**Ángel Vázquez Alonso y María Antonia Manassero Mas**

*Universidad de las Islas Baleares*

E-mail: [avzqza@gmail.com](mailto:avzqza@gmail.com)

### **Resumen:**

*Este estudio plantea la formación del profesorado de ciencias en los temas innovadores de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se consideran claves para la alfabetización científica de todos. NdCyT se refiere a los temas de historia, filosofía y sociología de CyT que informan acerca de cómo CyT validan sus conocimientos y sus prácticas y cómo funcionan en el mundo actual, y que se incluyen en los temas comunes del currículo escolar de ciencias. Se presenta un modelo formativo para profesores en formación inicial de secundaria, que sigue las líneas sugeridas en la investigación y desarrolladas como aprendizaje significativo personalizado. Los profesores desarrollan unas actividades de aprendizaje explícitas, reflexivas, basadas en el conocimiento didáctico del contenido acerca de un tema específico de NdCyT (toma de decisiones en investigaciones científicas). El modelo de formación se evalúa a través de una metodología cuasi-experimental mediante un diseño longitudinal pre- post-test que aplica un instrumento de evaluación estandarizado y desarrolla las reflexiones auto-evaluadoras de los profesores.*

*Los resultados presentan los aspectos específicos donde los profesores cambian sus ideas previas, sus reflexiones personales y sus justificaciones cualitativas de auto-evaluación realizadas por los profesores acerca de sus respuestas y de los cambios producidos en su comprensión del tema. Finalmente, se discute la viabilidad, la generalización y las mejoras 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.*

### **Abstract:**

*This study raises the training of science teachers on the innovative themes of nature of science and technology (NoST), which are deemed key to scientific literacy for all. NoST relates to issues of history, philosophy and sociology of science and technology reporting about how S&T validate their knowledge and practices and how they work in today's world, which are included in the common themes of school science curriculum. A training model for secondary science teachers enrolled in the initial training master is presented, following the lines suggested in research and adding some peculiarities. Teachers develop some explicit, reflective, learning activities developing the pedagogical content knowledge about a NoST specific topic (scientific decision-making in research). The effects of the training model are evaluated through a quasi-experimental methodology through a longitudinal pre-post-test design which applies a standardized assessment tool and gathers some self-assessment reflections of teachers. The results present the specific aspects where teachers actually change their previous ideas, their personal reflections and their self-assessment justifications about their responses and changes in their understanding. Finally, the feasibility, generalization and improvement of the proposed model for science teacher initial training are discussed.*

**Key words:** *Nature of science and technology; teacher training; assessment; science and technology literacy; key competence in science and technology.*

## **1. Justificación**

La naturaleza de la ciencia en la educación científica es un tema que representa los contenidos interdisciplinarios de filosofía, historia y sociología de la ciencia del currículo de ciencias. En sentido amplio es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en el mundo actual, que se han desarrollado desde diversas perspectivas, especialmente desde la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia y tecnología, pero también la psicología, la economía, la política, la ética y otras. El asunto central es la construcción y validación del conocimiento, que incluye cuestiones epistemológicas (los principios filosóficos que fundamentan la validación del conocimiento), pero también cuestiones no menos importantes acerca de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Estas se reconocen como sociología interna de la ciencia (construcción social del conocimiento por el trabajo de los científicos y la comunidad científica), la interacción ciencia-tecnología y la propuesta de la tecnociencia, y la sociología externa de CyT o influencias mutuas entre sociedad y sistema científico-tecnológico, donde aparece la educación, la comunicación, la innovación y las políticas científicas (Bennássar, García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2010).

La ciencia actual se caracteriza por una profunda interacción entre ciencia y tecnología (CyT). La ciencia busca el conocimiento, como un fin en sí mismo, pero también pretende otros objetivos (tecnológicos, empresariales, económicos, militares o políticos), a través de desarrollos tecnológicos e innovaciones (sanitarios, comunicativos, ambientales, agrícolas, etc.) y eso la convierte en tecnociencia. La tecnociencia produce nuevo

conocimiento científico, mediante las tecnologías científicas (instrumentación), y conocimiento tecnológico, que se apoyan en el conocimiento científico, en el práctico y en el impacto de ambos sobre la sociedad (Echeverría, 2010).

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 hoy para validar sus conocimientos). 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).

La inclusión de NdCyT en la educación es un objetivo transcendental, por ser un componente básico de la alfabetización científica de todas las personas. Desde hace dos décadas, muchos países desarrollan currículos escolares innovadores de ciencias que incluyen contenidos de NdCyT. Recientemente se han publicado en USA “Next Generation Science Standards” (NGSS, 2013), que aportan una visión curricular reforzada, simplificada y renovada del campo. Los rasgos de NdCyT se agrupan en dos:

- i) temas asociados a las prácticas científicas y
- ii) temas transversales (la ciencia es una forma de saber, el conocimiento científico asume orden y consistencia en los sistemas naturales, la ciencia es una empresa humana y la ciencia se ocupa de cuestiones acerca del mundo natural y material).

En España, la situación está aún alejada de estos estándares (Vázquez y Manassero, 2012b). NdCyT representa un reto para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, por su carácter innovador, aunque su complejidad añade dificultad a la empresa (McComas y Olson, 1998).

## 2. El profesorado y la enseñanza de la naturaleza de ciencia y tecnología

Una vez institucionalizados los contenidos de NdCyT en los currículos oficiales, las dificultades para implementarse en las aulas surgen de su carácter innovador. Las innovaciones educativas generan siempre resistencias inerciales, por el mero hecho de su novedad, por la ausencia de precedentes y por la deficiente formación del profesorado para el desarrollo curricular de estos contenidos en el aula (Matthews, 1994).

En los últimos años, la investigación empírica muestra de modo consistente y reiterado que el mayor obstáculo para la enseñanza sobre NdCyT es que los profesores no tienen una comprensión adecuada de los temas de NdCyT. La mayoría del profesorado muestra creencias tradicionales, positivistas e idealistas que han sido confirmados en diversos países y con diferentes instrumentos y metodologías (Apostolou y Koulaidis, 2010; Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; Celik y Bayrakçeken, 2006; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Irez, 2006; Lederman, 2008; Ma, 2009).

El conocimiento y la comprensión de NdCyT por los profesores constituyen una condición necesaria (aunque no suficiente) para su enseñanza en el aula. Como nadie puede enseñar aquello que no domina, la investigación sobre las concepciones de los profesores es

importante para mejorarlas y para la mejora consecuente de la enseñanza general de la ciencia (Mellado, 1998; Tsai, 2007).

Distintas líneas de investigación han confluído en identificar ciertas ideas de NdCyT, ampliamente compartidas, que merecen consenso de los especialistas para ser enseñadas y facilitan su enseñanza, disminuyendo su complejidad, a la que también contribuye el proceso natural de transposición didáctica de los contenidos de NdCyT para su enseñanza en el aula (ver revisión en Vázquez y Manassero, 2012a).

Sin embargo, NdCyT sigue siendo multifacética, dinámica y con componentes del ámbito afectivo y de valores que no pueden enseñarse como meros contenidos cognitivos, acabados y memorizables (“la ciencia es...”), sino como contenidos meta-cognitivos cuyo aprendizaje debe estar enfocado a la comprensión y a la convicción argumentada (“la ciencia es..., pero también es... y en determinadas situaciones podría ser....etc.”), desde una perspectiva auténtica, abierta y crítica (Allchin, 2011; Matthews, 2012).

En este marco, la investigación didáctica para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza de los profesores acerca de NdCyT se ha centrado en los últimos años sobre la eficacia en el aula. El asunto es complejo por la cantidad de factores cruzados intervinientes en la enseñanza, que impiden, limitan o facilitan la eficacia, pero la revisión de la literatura permite concluir que una enseñanza de la NdCyT efectiva requiere dos condiciones clave:

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

El primero (explícito) se refiere al tratamiento intencional de los temas y contenidos de NdCyT, lo cual implica planificarlos educativamente en todos sus extremos (objetivos, contenidos, actividades, metodología, evaluación) y aplicarlos en clase explícitamente, es decir, no vicariamente a través de actividades indirectas de NdCyT. El segundo (reflexión) se refiere a que los estudiantes deben desarrollar en clase actividades meta-cognitivas de reflexión sobre NdCyT como por ejemplo, actividades de exploración, análisis, discusión, debate, conclusión, argumentación, etc. (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Acevedo, 2009; Deng, 2011; Lederman, 2008).

Deng y sus colegas (2011) demuestran que el 88% de estudios con enfoques explícitos alcanzaron mejoras de la comprensión de la NdCyT estadísticamente significativas o reconocibles, por sólo el 47% de los implícitos. Además, tres estudios que compararon enfoques implícitos y explícitos probaron cambios favorables del enfoque explícito en los tres, mientras no observaron cambios en los implícitos. Asimismo, confirman que todos los estudios que usan estrategias basadas en argumentación, reflexión o debates lograron mejoras; pero los estudios que carecen de una actividad reflexiva no producen cambios.

### 3. Objetivos del estudio

La mayoría de las investigaciones se han realizado en contextos anglosajones y con profesores de ciencias en formación inicial. Las investigaciones en contextos educativos no anglosajones, y específicamente hispanos son más escasas (Guisasola y Morentin, 2007).

Este estudio afronta este campo abierto de investigación con el análisis de la formación de profesores de ciencias siguiendo un estudio de investigación más amplio (Vázquez, Manassero, Bennassar y Ortiz, 2013), que aporta pautas e instrumentos para diseñar una formación integral del profesorado de ciencias en temas de NdCyT (Abd-El-Khalick, 2012). Como instrumentos de formación se usan secuencias de enseñanza aprendizaje breves y específicas acerca del aspecto de NdCyT citado y basadas en casos históricos, que desarrollan un conjunto de actividades de aprendizaje que se espera susciten un aprendizaje significativo del profesorado sobre NdCyT basado en las experiencias previas, la personalización y el desarrollo escalonado de procesos de auto-regulación y metacognitivos (del Moral, 2012). Se presentan los resultados empíricos acerca de la eficacia de formar profesores sobre un aspecto concreto de NdCyT, en este caso, los rasgos de las investigaciones científicas con los instrumentos aplicados.

#### 4. Metodología

La investigación se ajusta a un diseño longitudinal, que aplica un pre test o evaluación inicial, el tratamiento como intervención de enseñanza (actividades de reflexión y análisis de una secuencia de aprendizaje sobre el tema) y la segunda evaluación (post-test) para comprobar los cambios producidos y atribuibles a la intervención didáctica. Los profesores en formación participantes en esta experiencia son ciegos respecto al diseño experimental de este estudio de caso, pues las tareas que cumplimenta son actividades usuales que contribuyen a las competencias generales del máster de formación y no han recibido formación especial en filosofía, historia, o sociología de la ciencia, de modo que los efectos observados sean atribuibles al tratamiento aplicado.

#### 5. Participantes

Los participantes son nueve estudiantes (cuatro mujeres) enrolados (2012) en el master universitario de formación inicial del profesorado de secundaria (en adelante “los profesores”), entre 24 y 29 años, graduados en ciencias físicas (1), químicas (3), ambientales (3) y sanitarias (2).

#### 6. Instrumentos

Los instrumentos de investigación son de dos tipos: de intervención didáctica (secuencias de enseñanza aprendizaje y materiales complementarios para enseñar el rasgo de NdCyT) y de evaluación.

Los primeros comprenden los documentos y actividades de la secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) cuya función es desarrollar la reflexión de los profesores sobre las investigaciones científicas a través de su estudio. La SEA comprende la planificación completa de una lección para enseñar el rasgo de NdCyT acerca de las investigaciones a estudiantes, una breve lectura histórica y las actividades a desarrollar con los alumnos (ver lecturas en Vázquez & Manassero, 2013b). El profesor debe estudiar las características de las actividades incluidas en la SEA y, a partir de ellas, deducir una visión global de la SEA que le permita proponer los elementos didácticos fundamentales de la misma (finalidad, objetivos, contenidos básicos, criterios de evaluación, etc.). Para esta propuesta, el profesor recibe un segundo documento, una matriz esquemática vacía, que contiene las categorías del diseño de

la planificación didáctica, pero vacía sin sus contenidos que el profesor debe llenar y completar sobre la matriz a partir del estudio y análisis de la SEA. El producto resultante es el diseño completo de la SEA.

La eficacia de estas actividades para mejorar la comprensión del profesor sobre el aspecto de NdCyT estudiado se evalúa mediante un cuestionario estandarizado de papel y lápiz formado por diez cuestiones extraídas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), la versión española del VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992), que se relacionan con el tema específico elegido (investigaciones científicas). Cada una de ellas afronta el aspecto del tema que figura en la tabla 1 (ver texto de algunas cuestiones en Vázquez & Manassero, 2013a).

Las cuestiones del COCTS fueron desarrolladas empíricamente, a partir de entrevistas y respuestas abiertas de estudiantes, que fueron sintetizadas en las diferentes frases que conforman las opciones múltiples dentro de cada pregunta. Lederman, Wade y Bell (1998, p. 610) consideran al VOSTS un instrumento válido y fiable para la investigación de las posiciones sobre naturaleza de la ciencia, cuya fiabilidad empírica ha sido ya probada (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010). Cada cuestión del COCTS se identifica con un número de cinco dígitos y tiene un formato de opción múltiple, cuyo pie plantea un tema, en lenguaje sencillo y estilo no técnico (tabla 1), y le sigue una serie de frases (en número diferente para diferentes cuestiones), cada una marcada con una letra A, B, C... Cada frase enuncia una razón particular que explica una posición específica (concepción) sobre el tema del pie (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003).

Los encuestados responden valorando su grado de acuerdo o desacuerdo (respuestas directas) con cada una de las frases que forman las cuestiones sobre una escala de nueve puntos (1 a 9, desacuerdo a acuerdo). Los encuestados pueden no evaluar o dejarla sin respuesta (en blanco).

Tabla 1  
*Cuestiones aplicadas como pre-test y post-test para evaluar la eficacia de la intervención didáctica con los profesores.*

Aspecto	Clave	Texto del pie de la cuestión
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	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	90111	Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si



teórica		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.

---

Cada puntuación directa del grado de acuerdo con una frase se transforma en un índice de frase, homogéneo (mismo cálculo), invariante (mismo significado) y normalizado en el mismo intervalo [-1, 1], a través de un procedimiento de escalamiento que toma en cuenta la categoría de la frase (adecuada, plausible, ingenua) previamente asignada por un panel de jueces expertos (cuyos detalles se han presentado en estudios previos Vázquez et al., 2006). Cuanto mayor (menor) es el índice, mejor (peor) es la concepción representada según la visión actual de la historia, la filosofía y la sociología de CyT. Por lo tanto, cuanto más positivo y más cerca del valor máximo (1) es un índice, la concepción del encuestado es más informada (más cercana a los puntos de vista actuales sobre NdCyT), mientras que cuanto más negativo y más cercano al valor mínimo (-1) es un índice, la concepción representada del encuestado es más desinformada, es decir, más alejada de los actuales puntos de vista sobre NdCyT (Acevedo et al., 2001; Manassero et al., 2001). El promedio ponderado de los índices de las frases que componen cada cuestión produce el índice medio de la cuestión, que es el parámetro empleado en este estudio para caracterizar las ideas de los profesores.

## 7. Procedimiento

El diseño longitudinal establece la línea base de las creencias previas del profesorado sobre NdCyT y la evaluación posterior sirve para valorar la eficacia de la experiencia de enseñanza reflexiva de aprendizaje y formación sobre investigaciones científicas. El procedimiento se desarrolla en las siguientes fases:

- Una evaluación inicial, el profesor responde las diez cuestiones del instrumento de evaluación.
- Tratamiento experimental (un mes después de la evaluación inicial): desarrollo de las actividades de estudio y análisis de los documentos de la SEA. A partir del estudio, el profesor realiza una reconstrucción didáctica completa de la SEA (Kattmann y Duit, 1998), llenando de contenido un esquema vacío de la SEA, que actúa como instrumento de cambio conceptual en el profesor (Duit y Treagust, 2003).
- Una evaluación final (dos semanas después del tratamiento), aplicando al profesor el mismo instrumento de evaluación inicial formado por las diez cuestiones (el profesor es ciego a la repetición).
- Una reflexión escrita del estudiante profesor acerca de sus respuestas iniciales y finales a las diez cuestiones de evaluación (el profesor recibe esas respuestas), con énfasis en el análisis de los cambios surgidos entre pre-test y post-test. El profesor escribe sus reflexiones como respuesta a las preguntas siguientes:

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.

El análisis de los cambios conceptuales percibidos por el profesor (respuestas a la segunda pregunta) valora la el grado de conciencia reflexiva del profesor sobre su propio aprendizaje. Esta reflexión se evalúa como acertada o errónea al compararla con las valoraciones emitidas por el profesor en sus primeras (pre-test) y segundas (post-test) respuestas a las cuestiones. La reflexión es acertada cuando el profesor razona que ha cambiado (o no) y las puntuaciones de las cuestiones ratifican que ha cambiado (o no); la reflexión es errónea cuando el profesor razona que ha cambiado (o no) y las puntuaciones de las cuestiones prueban lo contrario.

Tabla 2

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

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

La efectividad del tratamiento se valora comparando los resultados de la evaluación inicial y final según procedimientos estandarizados de valoración de las respuestas de los estudiantes (Bennassar et al. 2010). Las puntuaciones de los índices se sitúan en el intervalo [-1, +1] y para considerar relevante una media o una diferencia de mejora se toma el criterio cuantitativo de tamaño de la diferencia mayor de 0.20 puntos.

## 8. Resultados

Dada la limitación de espacio, se presentan los resultados cuantitativos de los profesores, a partir de las comparaciones entre la evaluación inicial y final de las respuestas a las diez cuestiones, y la producción cualitativa emanada de su reflexión personal al ser realimentado con los resultados de sus respuestas.



### 8.1. Índices medios globales

La objetivo de este estudio establece la mejora en la comprensión de la NdCyT por los profesores, verificada por la evaluación. Para ello, se comparan los índices medios de las cuestiones de evaluación entre las evaluaciones inicial y final mediante l.

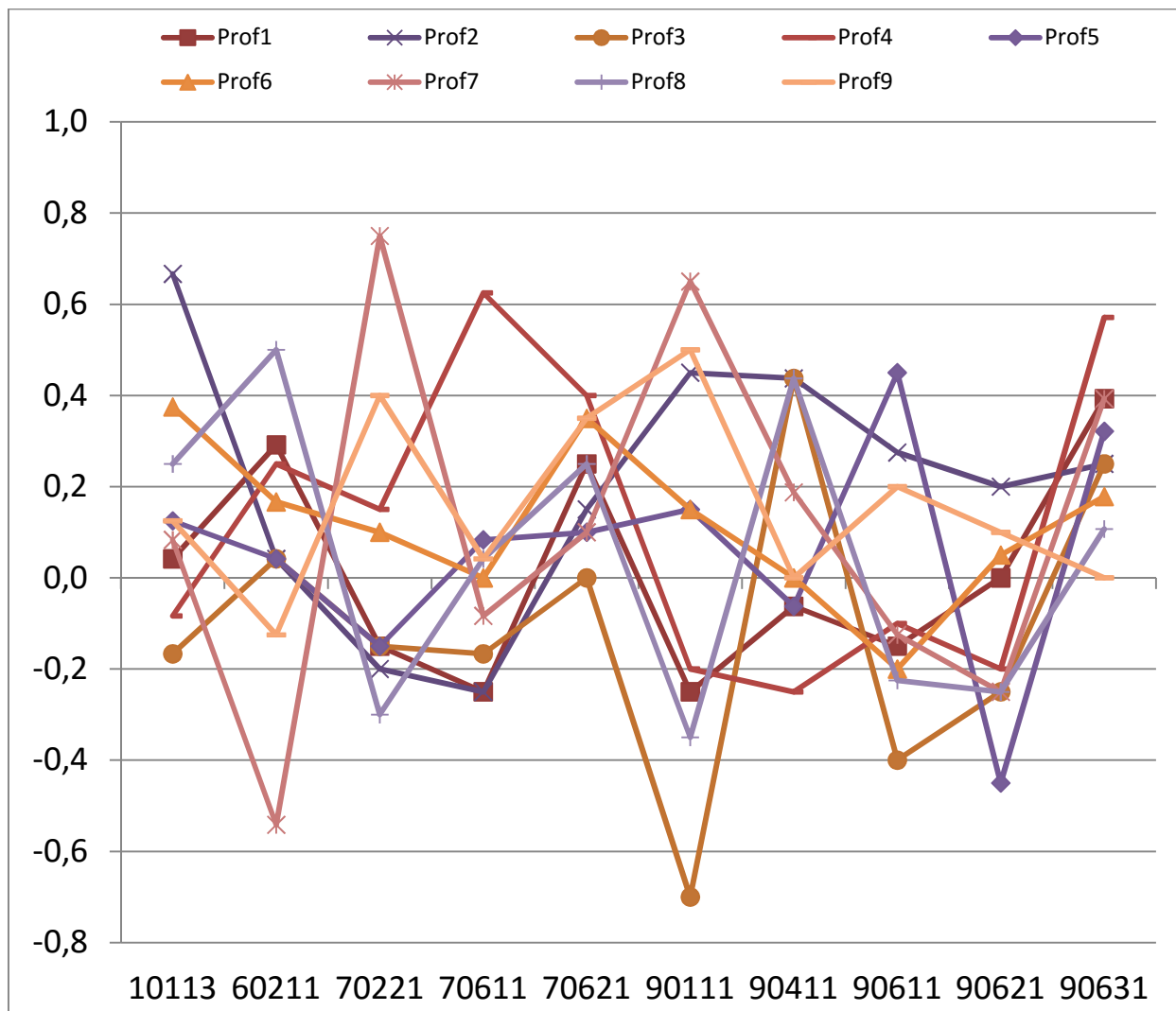


Figura 1. Perfiles individuales de las líneas base iniciales de los nueve profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas (índices medios pre-test en cada cuestión).

La acumulación de resultados en la figura 1 no tiene como objetivo seguir el perfil de cada profesor ni otros detalles, sino familiarizar con la escala de medida y poner de manifiesto otros resultados globales que pueden ser percibidos. En primer lugar, la evaluación global inicial no es buena, puesto que los puntos promedio que representan la comprensión de los profesores están situados tanto en la parte positiva como en la parte negativa, a ambos lados del eje, aunque existe una ligera tendencia global positiva (media global de todos los profesores y cuestiones +.080). Individualmente, la mayoría de los profesores tienen un promedio cercano a cero, y positivo en casi todas las cuestiones, con excepción de la profesora número 3, cuyo promedio personal es claramente negativo. El resultado anterior significa que los profesores no tienen una comprensión suficiente y

adecuada para poder enseñar naturaleza de la ciencia porque sus promedios no son definitivamente positivos.

En segundo lugar la figura 1 pone de manifiesto que la dispersión de las puntuaciones medias entre los profesores en cada pregunta es muy amplia; esto quiere decir que los profesores tienen ideas muy diferentes sobre los temas representados en cada cuestión. La cuestión que exhibe la dispersión más amplia entre los profesores es la cuestión 90111 (Observaciones y carga teórica), donde la diferencia entre el profesor con la puntuación más alta y más baja alcanza casi los valores extremos de la escala total (entre el punto más alto +1 y más bajo -1), mientras que la cuestión que muestra la dispersión más baja es la cuestión 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), aunque la diferencia entre la media alta y baja es todavía 0.4 puntos.

Analizando los resultados previos por cuestiones, la puntuación media más alta y positiva ocurre en la cuestión 60211 (Características de Científicos), mientras que la puntuación más baja y negativa corresponde a las cuestiones 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) y 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes). El resto de las cuestiones exhiben promedios entre los profesores próximos al valor cero, es decir, representan una comprensión de la NdCyT neutra, ni positiva ni negativa, que es claramente insuficiente para que un profesor de ciencias pueda enseñar con calidad NdCyT.

Los perfiles individuales de las líneas base finales de los nueve profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas, representadas por los índices medios pos-test de cada cuestión muestran patrones globales análogos a los perfiles previos. Las grandes medias de cuestiones y profesores antes (+.080) y después (+.069) son muy moderadamente positivas, cercanas a cero, y sin diferencias entre ellas, resultado que sugiere que la detección de las mejoras producidas requiere un análisis más detallado por profesores y cuestiones, porque las grandes medias tienden a reducir la variedad e igualar resultados.

## 8.2. Análisis de las mejoras por cuestiones

La valoración de la mejora de la comprensión de NdCyT sobre las diez cuestiones aplicadas se realiza a través del análisis de las diferencias entre los promedios de las cuestiones en la evaluación final y la evaluación inicial para cada profesor (tabla 3). Una primera aproximación global a la mejora experimentada por los profesores considera los cambios producidos en las noventa variables promediadas (diez cuestiones por nueve profesores). Las variables con cambios positivos (mejoras) causados por el tratamiento son mayoría (51 de 90), de modo que para todos los profesores una mayoría de cuestiones presenta mejoras.

Los resultados de la tabla 3 permiten identificar las cuestiones que corresponden a mejoras de la mayoría de profesores. En la cuestión 60211 (Características de Científicos) todos los profesores, excepto uno, obtienen promedios positivos, de modo que el promedio global de mejora de esta cuestión para todos los profesores es netamente positivo y el más alto (+.232). En el caso de la cuestión 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) el potencial buen resultado global, porque cinco profesores obtienen mejoras positivas y similares a la cuestión anterior, disminuye porque dos profesores (3 y 6) tienen puntuaciones muy negativas, que enmascaran una mayor mejora global. Un caso análogo al anterior se produce en la cuestión 90611 (Método científico): aunque en ella sólo cuatro profesores tienen mejoras positivas, otros tres obtienen cambios muy próximos a cero, pero el profesor 5 exhibe la diferencia más negativa de todas, que enmascara también un mejor resultado

positivo global para esta cuestión. El irregular perfil de aprendizaje de estos tres profesores será analizado después.

En la otra cara, las cuestiones con diferencias de cambio global más negativas ( $< -.20$ ) corresponden a las cuestiones 90111 (Observaciones y carga teórica) donde cinco profesores alcanza una variación relevante negativa y un profesor positiva; con el mismo patrón de cuatro profesores negativo y uno positivo están las cuestiones 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) y 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes); en la cuestión 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas) cuatro profesores empeoran y dos mejoran.

El resto de las cuestiones muestran diferencias globales prácticamente neutras, en torno al valor cero, ligeramente positivas (dos cuestiones) o negativas (una cuestión).

Sin embargo, las magnitudes medias negativas del cambio en profesores de las dos primeras cuestiones son la mitad de la magnitud de la cuestión que mejora más (60211 Características de Científicos); y en las restantes, aunque negativa, la media de los profesores es próxima a cero. Globalmente, el balance muestra 5 cuestiones que mejoran y 5 que empeoran.

Tabla 3  
*Diferencias pos-test menos pre-test de cada profesor sobre los índices medios de las diez cuestiones de evaluación aplicadas.*

	10113	60211	70221	70611	70621	90111	90411	90611	90621	90631	Promedio profesores
Profesor 1	.250	.167	.100	.042	-.050	.200	.250	-.075	-.050	.000	.083
Profesor 2	-.167	.083	.250	.375	.150	-.250	.063	-.125	.350	.143	.087
Profesor 3	.125	.125	-.150	-.375	-.450	-.200	.125	.400	-.550	-.214	-.116
Profesor 4	.250	.125	.050	-.542	-.050	-.400	.250	-.200	.300	.214	.000
Profesor 5	.167	.542	.400	-.458	-.200	.150	.563	-.900	.300	-.321	.024
Profesor 6	-.458	.250	.150	.000	-.300	-.500	.063	.050	-.550	-.429	-.172
Profesor 7	-.125	.417	-.600	.083	.400	-.250	-.563	.400	.250	-.250	-.024
Profesor 8	.042	-.167	.400	-.125	.150	-.050	-.250	.150	.350	.214	.071
Profesor 9	.083	.542	-.450	-.250	-.450	.100	-.250	-.025	.000	.143	-.056
Promedio cuestiones	.019	.231	.017	-.139	-.089	-.133	.028	-.036	.044	-.056	

### 8.3. Análisis de las mejoras personalizadas por profesores

El análisis de los perfiles personales de las diferencias de cambio de cada profesor (tabla 3) muestra la singularidad del cambio conceptual de cada uno de ellos. Además, los perfiles personales de cambio no son homogéneos, es decir, entre los profesores con mayores

mejoras existen aspectos que empeoran, y viceversa, entre los peores profesores aparecen también cuestiones con buenas mejoras.

Globalmente, los perfiles de mejora muestran tres profesores que logran las mayores y positivas mejoras (profesores 1, 2 y 8) en la comprensión de NdCyT y otros dos con perfiles más negativos (profesores 3 y 6). Los restantes profesores muestran perfiles más bajos, negativos (dos), positivos (uno) y neutro en torno a cero (otro). Además, los dos profesores que más empeoran exhiben magnitudes de su descenso mayores que las magnitudes de mejora de los tres profesores con las mayores mejoras.

Las diferencias más importantes entre los tres profesores que mejoran más y los dos profesores que empeoran más se centra en tres cuestiones: 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas). En las tres cuestiones, ambos grupos alcanzan las diferencias más extremas.

El perfil del profesor 1 exhibe las mayores mejoras ( $> .20$ ) en tres cuestiones 10113 (Ciencia como Proceso), 90111 (Observaciones y carga teórica) y 90411 (Provisionalidad), y no exhibe ninguna cuestión que empeore relevantemente, aunque obtiene diferencias negativas (pero próximas a cero) en tres cuestiones.

El perfil del profesor 2 presenta las mejoras mayores ( $> .20$ ) en tres cuestiones 70221 (Controversias Cierre por hechos), 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) y 90621 (Investigaciones científicas Utilidad); la cuestión 90111 (Observaciones y carga teórica) empeora mucho, siendo el resto diferencias más pequeñas, positivas pero menores (cinco) y negativas (dos). Además, la mejora del profesor 2 se produce en la mayoría de las cuestiones donde sus índices medios pre-test habían sido los más bajos.

El perfil del profesor 8 exhibe sus mayores mejoras ( $> .20$ ) en tres cuestiones 70221 (Controversias Cierre por hechos), 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas); la cuestión 90411 (Provisionalidad) empeora mucho, y exhibe diferencias negativas en tres cuestiones más, exhibiendo en las tres restantes diferencias positivas pequeñas.

El perfil negativo del profesor 3 muestra un gran empeoramiento en cinco cuestiones: 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), 90111 (Observaciones y carga teórica), 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas). Asimismo obtiene una gran mejora en la cuestión 90611 (Método científico). Las restantes cuestiones muestran un aumento positivo destacable en tres y empeoramiento menor en otra.

El profesor 6 empeora mucho en cinco cuestiones, de las cuales cuatro son coincidentes con el perfil anterior del profesor 3: 10113 (Ciencia como Proceso), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), 90111 (Observaciones y carga teórica), 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas); asimismo cabe señalar que obtiene una gran mejora en la cuestión 60211 (Características de Científicos). Las restantes cuatro cuestiones muestran un aumento positivo.

El profesor 5 destaca porque su perfil presenta la magnitud más grande de cambios, tanto positivos (mejora) como negativos (descenso), entre la evaluación inicial y final en todas las cuestiones, cuyo balance global es positivo (suma de cambios positiva).

Solo dos cuestiones, 10113 (Ciencia como Proceso) y 90111 (Observaciones y carga teórica), no alcanzan una magnitud de cambio relevante, aunque en ambas el cambio es positivo. Las cuestiones del profesor 5 cuya mejora es más relevante son 60211 (Características de Científicos), 70221 (Controversias Cierre por hechos), 90411 (Provisionalidad) y 90621 (Investigaciones científicas Utilidad). Las cuestiones donde empeora son 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), 90611 (Método científico), 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas) y 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes). En conjunto, seis cuestiones exhiben una gran mejora y cuatro cuestiones empeoran también mucho, entre las cuales destaca la cuestión 90611 (Método científico), porque presenta el cambio más grande (en este caso, negativo) de todas las cuestiones y de todos los profesores.

Análisis similares a los anteriores, referidos a las frases concretas que forman las opciones dentro de cada cuestión, sería la continuación natural de este estudio. Las frases, por ser más específicas, permitirían una mayor concreción y precisión en el análisis del cambio conceptual en el pensamiento y comprensión sobre NdCyT de los profesores, pero la falta de espacio no lo permite.

#### 8.4. Resultados cualitativos

Los profesores recibieron realimentación de sus respuestas directas de acuerdo y desacuerdo con las frases de las cuestiones dadas en la evaluación inicial y final. Se les pide realizar una reflexión personal respondiendo las siguientes preguntas para cada cuestión (explicar las razones de las valoraciones y explicar las razones que justifican los cambios en cada cuestión, comparando las primeras respuestas con las segundas). Se exponen solo algunos resultados representativos ajustados al espacio disponible.

De la primera pregunta de reflexión 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 4 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 dos profesores se afilian a una posición positivista, ratificando la importancia total de los hechos (exclusiva), aunque el profesor 5 alude a la influencia del científico en la comprobación (no en la génesis).

Tabla 4

*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.*

Profesor 1 (mejora)	Profesor 3 (empeora)	Profesor 5 (gran cambio)
<i>70221 Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos. En</i>	<i>Pienso rotundamente que los científicos deben aceptar una nueva</i>	<i>Estoy de acuerdo con que los hechos determinan</i>

<i>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>teoría o no dependiendo exclusivamente de los hechos objetivos y no dejarse llevar por sus creencias o por sus sentimientos.</i>	<i>exclusivamente la teoría, que necesita ser comprobada y que depende del carácter de cada científico.</i>
<i>70611 El carácter del científico puede influir ligeramente en el contenido científico de una teoría, ya que aunque se base en hechos, pueden realizar las investigaciones de manera diferente, obteniendo resultados ligeramente diferentes. Además, el carácter influye en la forma de interpretar los hechos.</i>	<i>Pienso que dos científicos que desarrollan la misma teoría, la teoría es la misma, es la que es y los dos han llegado al mismo punto. Puede ser que lo hayan hecho por métodos diferentes, pero no tendría ello una relación directa con su carácter. Por tanto pienso que el carácter no influye en una teoría.</i>	<i>El contenido de las teorías científicas se ha de basar en hechos. Además el carácter del científico no ha de tener demasiada influencia en la teoría.</i>
<i>90621 El método científico suele ser la mejor opción para realizar un trabajo científico, pero es cierto que muchos descubrimientos se hicieron por casualidad.</i>	<i>El método científico se basa en hacer observaciones, plantear hipótesis, hacer comprobaciones experimentales y sacar conclusiones</i>	<i>Creo firmemente que el método asegura resultados y que el método enseñado en las clases funciona bien.</i>

La respuesta a 70611 (universalidad) del profesor 5 matiza la importancia ingenua dada al carácter del científico como “ligera”, limitada a la realización de experimentos e interpretaciones, pero no tanto como debiera a razones de pensar diferente o los posibles sesgos. Los profesores 3 y 5 ratifican la positivista primacía de los hechos.

La respuesta del profesor 5 a 90621 (método científico) muestra una concepción menos absoluta del método que los otros dos, que justifica citando el contra-ejemplo de la importancia de la casualidad como alternativa.

En general, los comentarios de los profesores que empeoran parecen sugerir que estos en el pos-test se fijan aún más en los rasgos tradicionales y positivistas de la ciencia, de modo que empeoran sus resultados iniciales (que en alguna cuestión eran positivos).

La segunda pregunta pide a los profesores explicaciones de los cambios producidos en su pensamiento, comparando sus respuestas directas iniciales y finales. Las respuestas de los profesores a esta pregunta adoptan dos formatos diferentes: un formato concreto, especificando y mencionando las sentencias o ideas concretas de la cuestión donde perciben su cambio; un formato genérico, el profesor reconoce la presencia o ausencia del cambio, sin mencionar frases concretas.

El profesor 2 en la cuestión 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) comenta acertadamente su cambio en formato concreto:

*Mis respuestas en esta pregunta han cambiado ligeramente. Se puede observar una tendencia hacia pensar que el carácter influye en el resultado. Seguramente, este cambio se deba a que los debates en clase me han llevado a comprobar diversidad de opiniones en las mismas teorías*

El comentario concreta el cambio, aunque modestamente lo valora como ligero, a pesar que este profesor alcanza una gran mejora en esta cuestión (todas las frases excepto una muestran cambios positivos).



Globalmente, el análisis de las explicaciones sugiere cierta dificultad de los profesores para percibir con precisión sus cambios conceptuales. Para evaluar estas dificultades, los resultados de esta pregunta se presentan computando los aciertos y errores importantes de los profesores para percibir con precisión sus cambios entre la evaluación inicial y final (tabla 5). El procedimiento de cálculo compara, en cada cuestión y profesor, la explicación del profesor (cambio o igual) con el resultado cuantitativo (cambio o igual) obtenido de la diferencia inicial-final entre las puntuaciones de las cuestiones. La comparación se valora como acierto, si la valoración del profesor en cada pregunta (cambio o igual) coincide con el resultado cuantitativo de los índices medios del profesor en la cuestión (cambio o igual); se valora como error si ambas difieren.

El interés de los resultados de la tabla 5 no reside en la parte izquierda (aciertos de percepción), porque se espera de los profesores identifiquen correctamente sus cambios. Por el contrario, el interés reside en los errores de percepción de los profesores (por inesperados), tabulados en la derecha. Los errores son de dos tipos: bien porque consideran que su pensamiento ha cambiado, cuando los índices demuestran que no ha cambiado (cambio/igual), o al contrario, porque no perciben cambio, cuando los índices demuestran que la modificación es relevante (igual/cambio).

Tabla 5

*Frecuencias de aciertos y errores de los profesores al comparar la valoración de las reflexiones a la segunda pregunta (explica las razones que justifican tus cambios) con los resultados cuantitativos de las cuestiones de evaluación.*

	Aciertos		Errores	
	Profesor/Cuestión	Profesor/Cuestión	Profesor/Cuestión	Profesor/Cuestión
	cambio / cambio	igual / igual	cambio / igual	igual / cambio
Profesor 1	1	4	2	3
Profesor 2	4	4		2
Profesor 3	3	4	3	
Profesor 4	4	3	3	
Profesor 5	2	2	6	
Profesor 6	4	3	2	1
Profesor 7	6	1	2	1
Profesor 8	2	4	2	2
Profesor 9	4	1	1	4

Los errores más frecuentes son los de tipo cambio a igual, es decir, el profesor cree que ha cambiado, cuando los índices no muestran cambio relevante. Por profesores, el profesor 5 (presenta los mayores cambios, positivos y negativos) destaca porque es quien comete el máximo número de errores de percepción de sus cambios conceptuales, y además todos en el sentido de creer que ha cambiado, cuando las puntuaciones no lo apoyan. En el otro extremo, el profesor 2 (uno de los tres con mayores mejoras) comete el menor número de errores y justo solo en el tipo de error contrario al anterior, menos frecuente.

En resumen, la reflexión cualitativa de los profesores, por un lado, confirma y precisa las ideas presentes en 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.

## 9. Discusión

En este estudio, 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; Lederman, 2008; Tsai, 2007).

Los resultados empíricos globales sobre la mejora en la comprensión de NdCyT de los 90 indicadores de nueve profesores y diez 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 mejoran/empeoran exhiben también cuestiones con empeoramientos/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 el grupo que empeora.

Las cuestiones que mejoran en la mayoría de profesores son 60211 (Características de Científicos) y 90621 (Investigaciones científicas Utilidad). Una mayoría de profesores empeoran en 90111 (Observaciones y carga teórica), 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas) Sin embargo, la magnitud global de la mejora en la cuestión que mejora más es casi doble del descenso de las negativas.

En conjunto, los resultados deben valorarse en el contexto de la modestia de la experiencia realizada. En primer lugar, los criterios cuantitativos adoptados para definir las mejoras de aprendizaje ( $d > .20$ ) son muy exigentes, pues ese valor corresponde aproximadamente al valor de una desviación estándar (un valor enorme) de los índices medios en grupos grandes (Bennassar et al., 2010). La interpretación cuantitativa de las mejoras sería más favorable con un criterio menos riguroso; por ejemplo, si se adoptase ( $d > .10$ ) el mejor profesor (2) exhibiría mejoras en cinco cuestiones y el peor profesor (3) exhibiría mejoras en cuatro cuestiones.

En segundo lugar, es importante resaltar que el efecto de la intervención realizada surge solo de la reflexión didáctica de los profesores sobre el tema específico y no ha contemplado la transmisión previa por un profesor de conceptos sobre el tema, como ha sido habitual en otros estudios. En tercer lugar, 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). En cuarto lugar, los profesores que empeoran exhibieron perfiles iniciales aceptables y en su reflexión personal las razones que exponen sugieren una reafirmación de determinados rasgos tradicionales, en lugar de cambiar conceptualmente a las tendencias más modernas. Este resultado es un reto para incrementar la eficacia del modelo mediante el aumento de la reflexión dirigida a reafirmar

las ideas modernas, ya presentes en las concepciones iniciales de los profesores, y extinguir las ideas inadecuadas.

La dificultad de los profesores para identificar sus cambios de ideas, observada en las respuestas cualitativas, apoya también la propuesta de añadir más reflexión para afirmar las ideas adecuadas previas de los profesores. La dificultad diagnosticada para la continuidad de las ideas previas adecuadas (empeoramientos) indica que no son sólidas; la ayuda adicional para percibir adecuadamente los importantes matices que caracterizan la comprensión adecuada de NdCyT debería ampliarse con actividades adicionales de argumentación, discusión y conclusión, como ha sido sugerido por Abd-El-Khalick (2012).

La evaluación estandarizada de los cambios empíricos permite el empleo universal del modelo sin necesidad de conocimientos profundos de NdCyT del formador (Bennassar et al., 2010; Vázquez et al., 2006). La proyección más útil de este estudio es la propuesta de un modelo de enseñanza de NdCyT para el profesorado en formación inicial que se basa en el desarrollo de una competencia general, como es la planificación de secuencias de enseñanza mediante actividades de reflexión y la realimentación de sus propias respuestas (similar al modelo expuesto por Celik y Bayrakçeken, 2006).

La reflexión cualitativa del profesor sobre sus propias respuestas es una actividad enriquecedora para la formación del profesorado. Por un lado, ratifica la validez de las respuestas al cuestionario escrito y ayuda a comprender los múltiples matices del pensamiento del profesorado sobre NdCyT (Abd-El-Khalick, 2006; Hanuscin, Lee y Akerson, 2011). Por otro lado, disminuye el riesgo de mayor idiosincrasia de las evaluaciones puramente cualitativas (Abi-El-Mona y Abd-El-Khalick, 2011) y supera la dificultad de comparar entre experiencias reales e investigaciones planificadas con la autenticidad del contexto de la reflexión familiar al aprendiz (Abd-El-Khalick, 2012, pp. 1055-1056).

La modestia de algunos resultados sugiere también algunas propuestas de mejora: por un lado, la extensión de los procesos de reflexión personal, incluyendo debates colectivos para la profundización en el conocimiento didáctico del contenido y, por otro, una mayor participación del formador - que no ha intervenido - para orientar más activamente el aprendizaje de NdCyT (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006).

En suma, con los matices anteriores, este estudio se añade al creciente cuerpo de conocimientos que avalan empíricamente la eficacia de métodos de enseñanza explícitos y reflexivos (Acevedo, 2009; Deng et al. 2011; Lederman, 2008). Además, confirma aspectos específicos de la eficacia del modelo formativo para mejorar la comprensión del profesorado sobre NdCyT, a través de actividades de reflexión y una evaluación estandarizada replicable, a la vez cuantitativa y cualitativa, que facilitan su diseminación y uso por otros formadores.

### Referencias bibliográficas

Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B. J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). New York: Springer-Verlag, DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7\_64.

\*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.

- Abi-El-Mona, I. y Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the Nature and 'Goodness' of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists. *International Journal of Science Education*, 33(4,) 573-605.
- 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), 355-386. Recuperado de <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A., Acevedo, P., Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>.
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 5, 477-491.
- 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.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Apostolou, A. y Koulaidis, V. (2010). Epistemology and science education: a study of epistemological views of teachers. *Research in Science & Technological Education*, 28(2), 149-166.
- 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. Recuperado de [www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf](http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf)
- Celik, S. y Bayrakçeken, S. (2006). The effect of a 'Science, Technology and Society' course on prospective teachers' conceptions of the nature of science. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 255-273
- 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.
- del Moral, C. (2012). Conocimiento didáctico general para el diseño y desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas en la formación del profesorado. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 16, (2). Recuperado de <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev16COL11.pdf>
- Duit, R., y Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Echeverría, J. (2010). De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia. *Dáimon Revista Internacional de Filosofía*, 50, 31-41.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., & 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*, 29(3), 403-412.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and value*. Rotterdam: Sense Publishers.

- 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.
- Irez, S. (2006). Are we prepared? An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90, 1113-1143.
- Kattmann, U., y Duit, R. G. H. (1998). The model of educational reconstruction. En H. Bayrhuber y F. Brinkman (Eds.), *What-Why-How? Research in Didaktik of biology* (pp. 253-262). Kiel: IPN.
- 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.
- 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.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., y Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, (pp. 3-26), Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F., y Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mellado, V. (1998). Preservice teachers' classroom practices and their conceptions of the nature of science. En B.J. Fraser, y K.G. Tobin, (eds.), *International Handbook of Science Education*, pp. 1093-1110, Londres: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- NGSS Next Generation Science Standards (2013). *The Next Generation Science Standards*. Washington: National Academy of Sciences. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>
- 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, Á., y Manassero, M. A. (2012a). 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. Recuperado de <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/221>
- Vázquez, Á.; Manassero, M. A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 34-55. Recuperado de <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/222>

- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2013a). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* , 10, 630-648. Recuperado de <http://reuredc.uca.es>
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2013b). Historical Resources for Teaching about Scientific Decision-Making. First Autumn School on History of Science and Education, Barcelona, 14-16 noviembre. Recuperado de <http://schct.iec.cat/Web1AutumnSchool/FirstAutumnSchool.html>
- Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- Vázquez, Á., Manassero, M. A., Bennàssar, A., y Ortiz, S. (2013). Proyecto EANCYT: Enseñar, aprender y evaluar sobre naturaleza de la ciencia y tecnología. En P. Membiela, N. Casado y M<sup>a</sup> I. Cebreiros (eds.). *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias* (pp. 283-289). Ourense: Educación Editora.