

Vázquez-Alonso, A. & Manassero-Mas, M.A. (2016). El efecto de un programa de formación para profesores sobre sus concepciones de naturaleza de la ciencia y tecnología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(2), 223-239.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.2.254221>

El efecto de un programa de formación para profesores sobre sus concepciones de naturaleza de la ciencia y tecnología

Ángel Vázquez-Alonso, María-Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca

Resumen

Los temas de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) se consideran claves e innovadores para la alfabetización científica y, por ello, se plantea la formación del profesorado de ciencias sobre estos temas. Se estudia la eficacia de un modelo formativo para profesores de secundaria en formación inicial que sigue las líneas de cambio conceptual sugeridas en la investigación. Los profesores realizan unas actividades de aprendizaje explícitas, reflexivas, basadas en el conocimiento didáctico del contenido sobre un tema específico de NdCyT (investigaciones científicas) y desarrollan algunas reflexiones auto-evaluadoras. La eficacia de la formación se evalúa a través de una metodología de diseño longitudinal cuasi-experimental pre-post-test mediante un instrumento de evaluación basado en diez cuestiones sobre escenarios. Los resultados presentan los perfiles individuales de cambio conceptual que permiten identificar los aspectos específicos donde los profesores cambian sus ideas previas y el sentido e intensidad de los cambios producidos en su comprensión del tema; también se identifican los cambios para cada una de las diez cuestiones planteadas, que revelan la gran complejidad del cambio conceptual. Finalmente, se discuten 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.

Contacto:

María-Antonia Manassero-Mas, Universidad de las Islas Baleares, Edificio Guillem Cifre de Colonya, Carretera de Valldemossa km. 7.5 07122 - PALMA DE MALLORCA, ma.manassero@uib.es
Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado en el Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

The effect of a training programme on teachers' conceptions about the nature of science and technology

Abstract

The themes of nature of science and technology (NoS&T) are considered key and innovative for scientific literacy and therefore the training of science teachers on these issues is needed. The effectiveness of a training model for secondary teachers in initial training along the lines of conceptual change suggested in research is tested. Teachers perform some explicit, reflective learning activities, based on the pedagogical content knowledge on a specific NoS&T topic (scientific research) and develop some self-evaluative reflections. The effectiveness of training is evaluated through a methodology that applies a longitudinal quasi-experimental pre / post-test design and uses an assessment tool based on ten items on scenarios. The findings show the teachers' individual profiles of conceptual change that allow identifying the specific areas where teachers change their previous ideas and the direction and intensity of the changes in their understanding of the subject; further, the changes for each of the ten assessment questions are identified, which reveal the complexity of conceptual change. Finally, feasibility, generalization and improvements proposed for the initial training model for science teachers is discussed.

Key words

Nature of science and technology; teacher training; evaluation; literacy in science and technology.

Introducción

La naturaleza de la ciencia representa los contenidos interdisciplinarios de filosofía, historia y sociología de la ciencia del currículo de la educación científica. En sentido amplio son un conjunto de meta-conocimientos, acerca de qué es y cómo funciona la ciencia, que se han desarrollado principalmente desde las tres disciplinas citadas, pero también desde la psicología, la economía, la política, la ética y otras. El tema central es la construcción del conocimiento, que incluye cuestiones epistemológicas (los principios filosóficos fundantes de la validación del conocimiento), pero también cuestiones no menos importantes acerca de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS); estas comprenden la sociología interna de la ciencia (comunidad e instituciones científicas que construyen socialmente conocimiento gracias al trabajo de los científicos), la sociología externa de CyT (influencias mutuas entre la sociedad y el sistema científico-tecnológico, donde aparecen la educación, la comunicación, la innovación y las políticas científicas) y la interacción ciencia-tecnología y la propuesta de la tecno-ciencia (Bennáassar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010).

Precisamente, sin abandonar la búsqueda del conocimiento como fin prioritario, la ciencia actual se caracteriza por una profunda interacción con la tecnología, que es una vía para lograr nuevos objetivos (tecnológicos, empresariales, económicos, militares o políticos) a través de desarrollos e innovaciones. Muchos autores la denominan tecno-ciencia: las tecnologías científicas (instrumentación) multiplican el conocimiento científico y tecnológico, apoyado en el conocimiento científico, práctico y en las relaciones con la sociedad (Echeverría, 2010).

Desde la perspectiva educativa, el lema de la alfabetización científica (o cultura científica) para todos los ciudadanos tiene dos componentes básicos: la comprensión “de” la ciencia (contenidos tradicionales sobre hechos, conceptos, principios y procesos de la ciencia), y la comprensión “acerca” de la ciencia o ideas “sobre” ciencia (contenidos sobre cómo opera la ciencia para validar sus conocimientos). Este segundo componente se denomina usualmente naturaleza de la ciencia (Hodson, 2009; Millar, 2006). En el ámbito educativo, el concepto de tecno-ciencia permite extender de una manera natural el concepto de naturaleza de la ciencia a la denominación integrada de naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), que se usa en adelante para describir con mayor precisión los contenidos expuestos antes (Tala, 2009).

La NdCyT como componente básico de la alfabetización científica para todos se convierte en un objetivo educativo transcendental, aunque su complejidad y carácter innovador representan un reto para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia (McComas y Olson, 1998). Hace lustros que muchos países desarrollan currículos escolares innovadores de ciencias con contenidos de NdCyT. La reciente propuesta de “Next Generation Science Standards” (NGSS, 2013) aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada de NdCyT, con dos rasgos básicos: las prácticas científicas y los rasgos transversales (la ciencia se ocupa del mundo natural y material, la ciencia asume orden y consistencia, es una forma de saber y es una empresa humana). En España, los currículos están aún alejados de estos estándares (Vázquez y Manassero, 2012b).

El profesorado y la enseñanza de la naturaleza de ciencia y tecnología

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

La investigación 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 sostiene creencias tradicionales, positivistas e idealistas que han sido confirmados en diversos países y con diferentes instrumentos y metodologías (Apostolou y Koulaidis, 2010; Celik y Bayrakçeken, 2006; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Irez, 2006; Lederman, 2008; Ma, 2009; Vázquez y Manassero, 2012a).

Como nadie puede enseñar aquello que no domina, la investigación sobre las concepciones de los profesores es importante para mejorarlas y, consecuentemente, para mejorar la enseñanza general de la ciencia; sin embargo, la comprensión de NdCyT por los profesores es solo una condición necesaria (aunque no suficiente) para su enseñanza (Mellado, 1998; Tsai, 2007).

Distintas líneas de investigación convergen en identificar ciertas ideas de NdCyT ampliamente compartidas por los especialistas para ser enseñadas. Este consenso disminuye su complejidad y junto con el proceso natural de transposición didáctica de los contenidos de NdCyT facilitan su enseñanza (ver revisión en Vázquez y Manassero, 2012a).

Además, los contenidos de NdCyT son multifacéticos, dinámicos y con componentes afectivos y de valores. Por ello, no pueden enseñarse como contenidos acabados y memorizables (“la ciencia es...”), sino como meta-cogniciones cuya comprensión solo se alcanza mediante la reflexión y 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 la enseñanza acerca de NdCyT se ha centrado en la eficacia en el aula de diferentes metodologías. El asunto es complejo por la cantidad de factores cruzados intervinientes, que impiden, limitan o facilitan la eficacia de la enseñanza, pero la revisión de la literatura permite concluir que una enseñanza de la NdCyT efectiva requiere dos condiciones clave:

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

El carácter explícito se refiere al tratamiento intencional de los temas de NdCyT, lo cual implica planificarlos exhaustivamente (objetivos, contenidos, actividades, metodología, evaluación) y enseñarlos en clase explícitamente (no carácter explícito mediante actividades indirectas o vicarias). El segundo (reflexión) se refiere a que los estudiantes deben desarrollar en clase actividades meta-cognitivas de reflexión sobre NdCyT, tales como actividades de exploración, análisis, discusión, debate, conclusión, argumentación, etc. (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009; Acevedo, 2009; Deng, Chen, Tsai y Chai, 2011; Lederman, 2008).

Deng y sus colegas (2011) demuestran que el 88% de estudios con enfoques explícitos alcanzaron mejoras estadísticamente significativas o reconocibles de la comprensión de la NdCyT, 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, pero no observaron cambios en los implícitos. Asimismo, confirman que todos los estudios que usan estrategias basadas en argumentación, reflexión o debates lograron mejoras, pero no producen cambios los estudios que carecen de una actividad reflexiva.

Objetivos del estudio

La mayoría de investigaciones sobre formación de profesores en temas de NdCyT se han realizado en contextos anglosajones y sobre temas amplios, mientras las investigaciones en contextos educativos hispanos y temas concretos son escasas (Guisasola y Morentin, 2007; Mellado, 1998).

El objetivo de este estudio es afrontar este campo abierto sobre la formación de profesores de ciencias usando instrumentos de otro estudio de investigación precedente (Vázquez, Manassero, Bennássar y Ortiz, 2013), junto con pautas concretas para una formación integral del profesorado de ciencias sobre temas de NdCyT (Abd-El-Khalick, 2012).

El estudio plantea una investigación empírica sobre la eficacia de formar profesores en aspectos de NdCyT concreto sobre los rasgos de las investigaciones científicas (por contraposición a otros más genéricos o amplios). Como instrumentos de formación se usan secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) breves y específicas sobre investigaciones científicas y basadas en casos históricos, que hacen desarrollar a los profesores un conjunto de actividades de aprendizaje para suscitar el cambio conceptual sobre NdCyT, basado en las experiencias previas, la personalización y el desarrollo escalonado de procesos reflexivos de auto-regulación y meta-cognitivos (del Moral, 2012). Las cuestiones de investigación son: ¿mejoran los profesores sus concepciones sobre las investigaciones científicas? ¿En qué aspectos y en qué grado?

Metodología

La metodología de investigación se ajusta a un diseño longitudinal pre-post-test, cuyo tratamiento es la intervención de formación de profesores (actividades de reflexión y desarrollo de una secuencia de aprendizaje sobre el tema) realizada antes de la segunda evaluación (post-test).

Participantes

Los participantes son 19 estudiantes (diez mujeres) enrolados en el master de formación del profesorado de secundaria (en adelante “los profesores”), graduados en ciencias físicas (5), químicas (9), ambientales (3), bio-sanitarias (2), con edades comprendidas entre 24 y 33 años. Los participantes son ciegos respecto al diseño experimental del estudio, pues las tareas que cumplimentan son usuales para desarrollar las competencias generales del máster, y no han recibido formación previa en filosofía, historia, o sociología de la ciencia, de modo que los efectos observados sean atribuibles a la intervención didáctica o tratamiento aplicado.

Instrumentos

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

Los primeros comprenden los documentos y actividades de la SEA cuyo estudio y desarrollo promueve la reflexión de los profesores sobre las investigaciones científicas. La SEA comprende la planificación completa de una lección para enseñar a estudiantes de secundaria el rasgo de NdCyT acerca de las investigaciones a partir de unos sencillos materiales iniciales, una breve lectura histórica y algunas actividades para los alumnos (ver lecturas en Vázquez y Manassero, 2013b). El profesor debe estudiar estos materiales para re-construir los elementos didácticos fundamentales de la SEA global a partir de ellos (finalidad, objetivos, contenidos, actividades, evaluación, etc.). Para realizar esta reconstrucción, el profesor recibe una matriz esquemática vacía, que solo contiene las categorías de los elementos didácticos. Cada profesor debe completar o ampliar los elementos de la matriz para producir el diseño completo de la SEA coherentes con los materiales iniciales.

La eficacia de estas actividades para mejorar las concepciones del profesor sobre las investigaciones científicas se evalúan mediante un cuestionario estandarizado de papel y lápiz formado por diez cuestiones extraídas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), versión española del VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992). Cada una de las diez cuestiones plantea un escenario diferente del tema específico (investigaciones científicas), que se describen en el apéndice (ver texto de algunas cuestiones en Vázquez y Manassero, 2013a).

Cada cuestión del COCTS plantea su escenario del tema con lenguaje sencillo y estilo no técnico (se identifica con un número de cinco dígitos). El escenario va seguido por una serie de frases, cada una etiquetada con una letra A, B, C... cuyo número es diferente para distintas cuestiones. Cada frase enuncia una posición específica (creencia) sobre el tema del escenario (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2003). Las cuestiones fueron desarrolladas empíricamente, a partir de entrevistas y respuestas abiertas dadas por estudiantes, que fueron sintetizadas en las múltiples frases dentro de cada cuestión. Lederman, Wade y Bell (1998, p. 610) consideran al VOSTS un instrumento válido y fiable para la investigación de las concepciones sobre naturaleza de la ciencia, cuya fiabilidad empírica ha sido ya probada (Bennássar et al., 2010).

Los encuestados responden valorando su grado de acuerdo o desacuerdo (respuestas directas) con cada una de las frases que forman cada cuestión sobre una escala de nueve puntos (1 desacuerdo total, 9 acuerdo total), o no evaluando o dejando sin respuesta (en blanco).

Procedimiento

Cada puntuación directa (grado de acuerdo con una frase) se transforma en un índice de frase 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, Manassero y Acevedo, 2006). Cada índice es homogéneo (mismo cálculo), invariante (mismo significado) y normalizado (en el mismo intervalo $[-1, 1]$). Cuanto mayor (menor) es el índice, mejor (peor) informada es la concepción; cuanto más positivo y 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 del encuestado es más desinformada, es decir, más alejada de los actuales puntos de vista sobre NdCyT (Acevedo, Acevedo, Manassero y Vázquez, 2001; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

Los índices permiten establecer las líneas bases de las creencias del profesorado sobre NdCyT, previas y posteriores, y la diferencia entre ambas evalúa la eficacia de la formación reflexiva sobre investigaciones científicas.

El diseño de esta experiencia procede en tres fases:

a) evaluación inicial: cada profesor responde las diez cuestiones previamente a la formación.

b) formación o tratamiento experimental (un mes después de la evaluación inicial): el profesor realiza el estudio y análisis de los documentos de la SEA y la 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 del profesor (Duit y Treagust, 2003).

Las SEAs elaboradas por cada profesor se presentan en clase, actividad que suscita reflexiones y debates sobre los temas implicados de NdCyT. Posteriormente se dedicaron dos horas para discutir en la clase el diagrama de flujo "¿Cómo funciona la ciencia" (<http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>) y una variedad de preguntas sobre el mismo.

Cada profesor desarrolla procesos de auto-reflexión adicionales a la vista de sus respuestas iniciales y finales a las diez cuestiones de evaluación, como respuesta a las preguntas siguientes:

1. Explica las razones que justifican tus valoraciones en cada cuestión.
2. Compara tus respuestas iniciales con las finales, y explica las razones que justifican tus cambios en cada cuestión.

c) evaluación final (dos semanas después del tratamiento): se aplica el mismo instrumento inicial de diez cuestiones (el profesor es ciego a esta repetición).

La efectividad del tratamiento se valora por la diferencia entre los índices de la evaluación inicial y final de las respuestas de los profesores de un (Bennássar et al. 2010). Las puntuaciones de los índices se sitúan en el intervalo $[-1, +1]$; las diferencias de promedios (de

un profesor o globales) se consideran relevantes si $d > 0.10$ puntos y si $d > .20$ puntos para una cuestión.

Resultados

La cuestión central de este estudio se refiere a la evaluación del cambio en las concepciones de NdCyT como indicador de la eficacia de la formación. Para ello, este estudio presenta solo los resultados cuantitativos del cambio de los profesores, a partir de las comparaciones de los promedios de los índices en las diez cuestiones entre la evaluación inicial y final.

Índices medios globales

La figura 1 muestra los perfiles individuales de las líneas base iniciales de los 19 profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas, representadas por los índices medios pre-test de cada cuestión. La acumulación de resultados no permite seguir el perfil de cada profesor ni otros detalles presentes en la figura, otros resultados macroscópicos pueden ser extraídos de la representación gráfica.

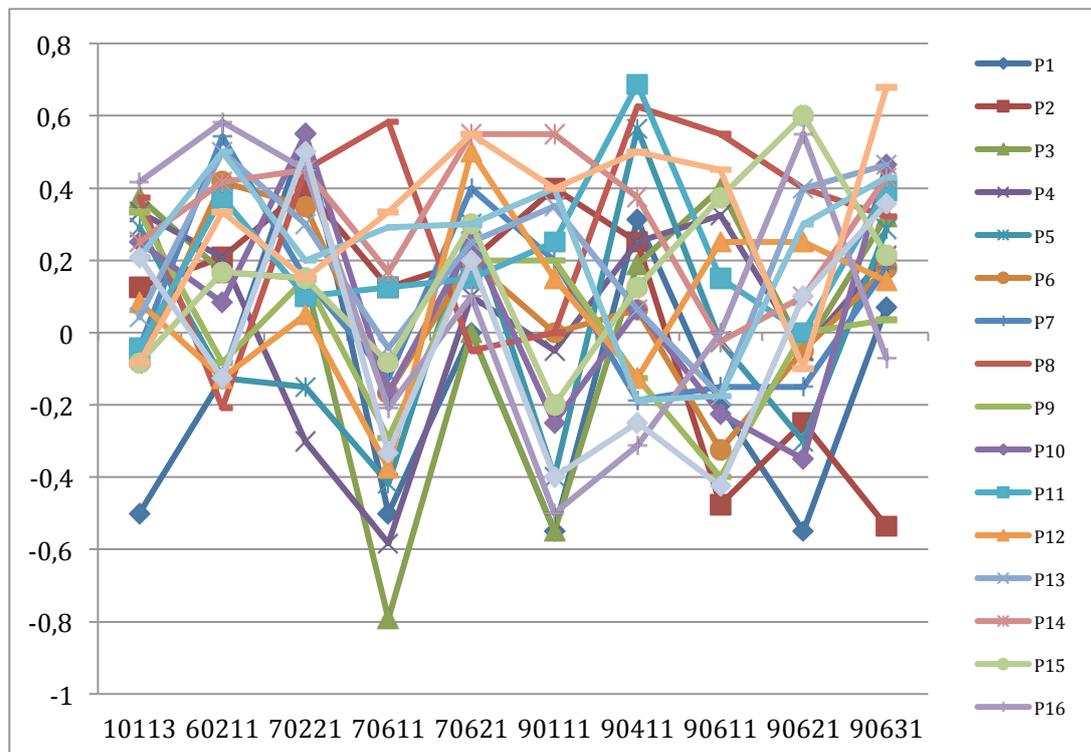


Figura 1. Perfiles individuales de las líneas base iniciales de los diecinueve profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas (índices medios pre-test en cada cuestión).

En primer lugar, la evaluación global inicial es positiva, puesto que aunque los puntos promedio que representan la comprensión de los profesores están dispersos a ambos lados del eje (parte positiva y parte negativa), la figura sugiere una tendencia global positiva. El gran promedio de los índices sobre cuestiones y profesores que resulta positivo (+ .113) confirma esta tendencia positiva.

Individualmente, una mayoría de los profesores (17) tienen un promedio sobre las diez cuestiones positivo. En este grupo de promedio individual positivo, cinco profesores tienen

un promedio individual relevante ($m > .20$). Este resultado indica que la mayoría de los profesores no tienen una comprensión suficiente para poder enseñar NdCyT porque sus promedios personales, aunque positivos, no logran un grado relevante.

En segundo lugar la figura 1 pone de manifiesto que la dispersión entre los profesores de las puntuaciones medias en la mayoría de las cuestiones es muy amplia; esto quiere decir que los profesores tienen ideas previas muy diferentes sobre los temas de cada cuestión. La cuestión 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) exhibe la dispersión más amplia entre los profesores; 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 + .60 y más bajo - .80). La cuestión con la dispersión más baja es la cuestión 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), aunque la diferencia entre el profesor con el índice más alto y el más bajo es todavía importante (0.6 puntos).

Analizando los resultados previos por cuestiones, el promedio de cada cuestión sobre los diecinueve profesores indica que una mayoría de cuestiones (8) logran un índice medio positivo. Las puntuaciones medias positivas más relevantes ($m > .20$) ocurren en las cuestiones 70221 (Controversias Cierre por hechos), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas), mientras que la puntuación negativa más baja ($m > -.20$) corresponde a la cuestión 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos). La mayoría de las cuestiones restantes exhiben índices promedios próximos al valor cero, es decir, que representan una comprensión de la NdCyT ligeramente positiva, pero insuficiente para enseñar con calidad NdCyT.

Cambios globales

La hipótesis central de este estudio se refiere a la evaluación de la eficacia de la intervención para mejorar las concepciones de NdCyT de los profesores. Para ello, se comparan los índices medios de las cuestiones de evaluación entre las evaluaciones inicial y final.

Los perfiles individuales de las líneas base finales de los 19 profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas, representadas por los índices medios pos-test de cada cuestión muestran patrones globales similares a los perfiles previos, aunque mejorados. Las grandes medias de las diez cuestiones y los diecinueve profesores antes (+ .113) y después (+ .147) son ambas positivas. Las diferencias entre estos índices globales medios sobre cuestiones profesores participantes es positivo (+ 0.034). Este indicador global positivo (mejora) sugiere que la intervención aplicada es eficaz para mejorar las concepciones de los profesores sobre las investigaciones científicas, aunque su pequeño valor pueda considerarse modesto.

Debe tenerse en cuenta que los resultados anteriores corresponden a grandes medias, uno de cuyos efectos es reducir la varianza y ocultar diferencias mayores que pueden existir entre los grupos y los participantes. Por ello, el modesto resultado anterior se complementa con un análisis detallado por profesores y cuestiones, para la detección de las mejoras más relevantes que el tratamiento pueda producir en los profesores individuales y en las cuestiones aplicadas en la evaluación que pueden quedar enmascarados en el gran promedio.

Cambios de mejora 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 índices promedio de la evaluación final y la inicial de cada cuestión para todos los profesores (figura 2). Los puntos de la línea que mide los cambios situados por encima de cero corresponden a diferencias positivas

(mejoras) causadas por el tratamiento. La figura 2 muestra que seis cuestiones han experimentado un cambio positivo mientras las cuatro restantes no muestran una mejora (cambio negativo). También cabe puntualizar que el grado de la mejora en las cuestiones con cambio positivo es cuantitativamente mayor que el cambio negativo en las otras cuatro cuestiones; en la mayoría de estas (3) el promedio del cambio es muy próximo a cero ($d < -.05$) y sólo en una de ellas el cambio negativo es mayor, pero bajo ($d < -.10$).

Los diecinueve profesores sobre las diez preguntas producen 190 promedios de comprensión en evaluación inicial, en evaluación final y en las diferencias de cambio entre ambas. Pues bien, 77 (41%) promedios de cambio son negativos, mientras el resto de los indicadores de cambio (113) producen mejoras positivas (59%), de modo que una mayoría de parámetros de todos los profesores y cuestiones presentan mejoras.

Además, para el conjunto de profesores, las figuras 2 y 3 permiten identificar las cuestiones cuyos puntos están por encima del nivel cero, y por tanto, corresponden a mejoras globales y las cuestiones que mejoran más y menos. La cuestión que presenta la mayor mejora global para todos los profesores ($d = + 0.183$) es la cuestión 90611 (Método científico); en esta cuestión una mayoría de once profesores exhiben un cambio de mejora relevante ($d > +.20$), mientras sólo uno presenta el cambio contrario. Otras cuestiones con cambios de mejora positivos e importantes, aunque inferiores a la anterior, son: 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631(Investigaciones científicas Acumulativas); en ambas, seis y cuatro profesores, respectivamente, exhiben un cambio de mejora relevante ($d > +.20$) y la mayoría de los profesores (12/11 respectivamente) muestran un cambio de mejora positivo.

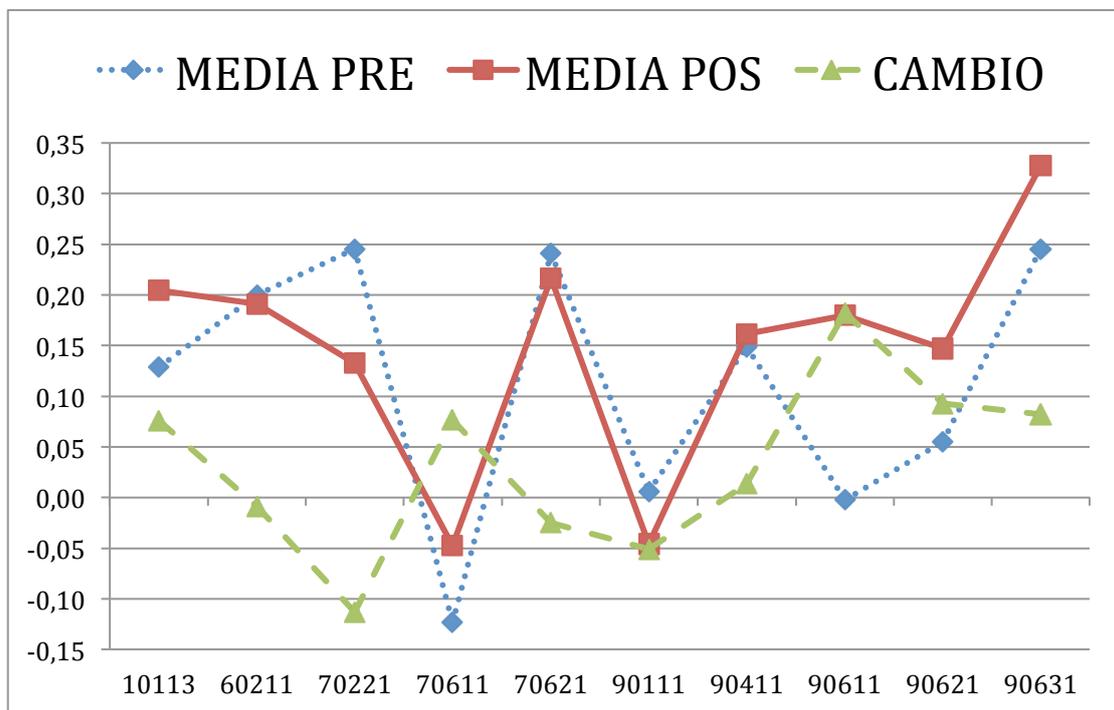


Figura 2. Perfiles de las diferencias post-test menos pre-test sobre los índices medios globales de todos los profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas.

Otras cuestiones que tienen también un número importante de profesores (6) con cambios de mejora relevantes ($d > .20$) son las cuestiones 10113 (Ciencia como Proceso) y 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), ambas con cambios de mejora globales

positivos, e incluso en esta categoría también se encuentra la cuestión 60211 (Características de Científicos), a pesar de que su cambio global es negativo, aunque muy próximo a cero ($d = -.007$)

En algunas cuestiones el potencial buen resultado de cambio de mejora global queda enmascarado porque algún profesor tiene un cambio negativo muy importante. Este es el caso de las cuestiones 90411 (Provisionalidad) donde la relación de profesores que ofrecen un cambio de mejora relevante positivo y negativo es 4/2, y la cuestión 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas) cuya relación es mejor 4/1. La cuestión 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes) cuya relación es (3/4) y 90111 (Observaciones y carga teórica) cuya relación es (4/5) están más equilibradas.

El caso de la cuestión 70221 (Controversias Cierre por hechos), que presenta el cambio más negativo de todas, ilustra las dificultades de mejorar las concepciones de los profesores. En esta cuestión, obviamente, una mayoría de ocho profesores muestran cambios negativos relevantes ($d < -.20$), pero simultáneamente también otros cuatro profesores muestran cambios de mejora positivos relevantes ($d > .20$). Este contraste es un indicador clave de las dificultades para mejorar concepciones.

En resumen, el cambio experimentado en las concepciones de los profesores a lo largo de las diez cuestiones muestra 6 cuestiones que mejoran y 4 cuestiones que empeoran, pero el análisis más pormenorizado cuando se desciende a los detalles de diferentes indicadores sugiere la mejora cuantitativa en las cuestiones y en los profesores que mejoran en cada cuestión.

Cambios de mejora personalizada por profesores

El análisis de los perfiles personales de cambio de cada profesor a través de sus diferencias post-pre demuestra la singularidad del cambio conceptual en cada persona (figura 3). La impresión general que trasmite la figura 3 es que los perfiles personales de cambio son heterogéneos y mixtos; por ejemplo, los profesores que muestran las mayores mejoras exhiben también aspectos que no mejoran, y viceversa, los profesores con los cambios peores tienen también cuestiones con buenas mejoras.

Según el cambio de índice promedio global de cada profesor sobre las diez cuestiones, cinco profesores (1, 4, 8, 10 y 19) logran mejoras relevantes y positivas en la comprensión de NdCyT ($m > +.10$). El profesor 1 logra el cambio promedio de mejora más alto en ($m = +.276$), consecuencia de tener seis cuestiones con cambios relevantes ($m > +.20$), cinco de las cuales logran cambios relevantes aún más positivos ($m > +.40$). Con todo, este profesor empeora significativamente ($d = -.400$) en la cuestión 70221 (Controversias Cierre por hechos).

Los perfiles de los otros cuatro profesores cuyo cambio también es positivo relevante muestran también 4 o 5 cuestiones, según el caso, donde el cambio conceptual es relevante y muy positivo ($d > +.20$). Pues bien, los profesores 4 y 8 cuentan con una cuestión donde el cambio es relevante pero negativo ($d < -.20$), y el profesor 10 tiene dos cuestiones con cambio negativo relevante (70221, Controversias Cierre por hechos y 90411, Provisionalidad). La profesora 19 es excepción, ya que no tiene ninguna cuestión con cambio negativo relevante.

En el otro extremo de cambios relevantes negativos sólo existe un profesor (6) ($d = -.167$), cuyo perfil contiene seis cuestiones con promedios relevantes y negativos ($m < -.20$), y como contraste también una cuestión con promedio de cambio positivo relevante ($d > +.20$) y otras tres con cambios también positivos ($m > +.10$).

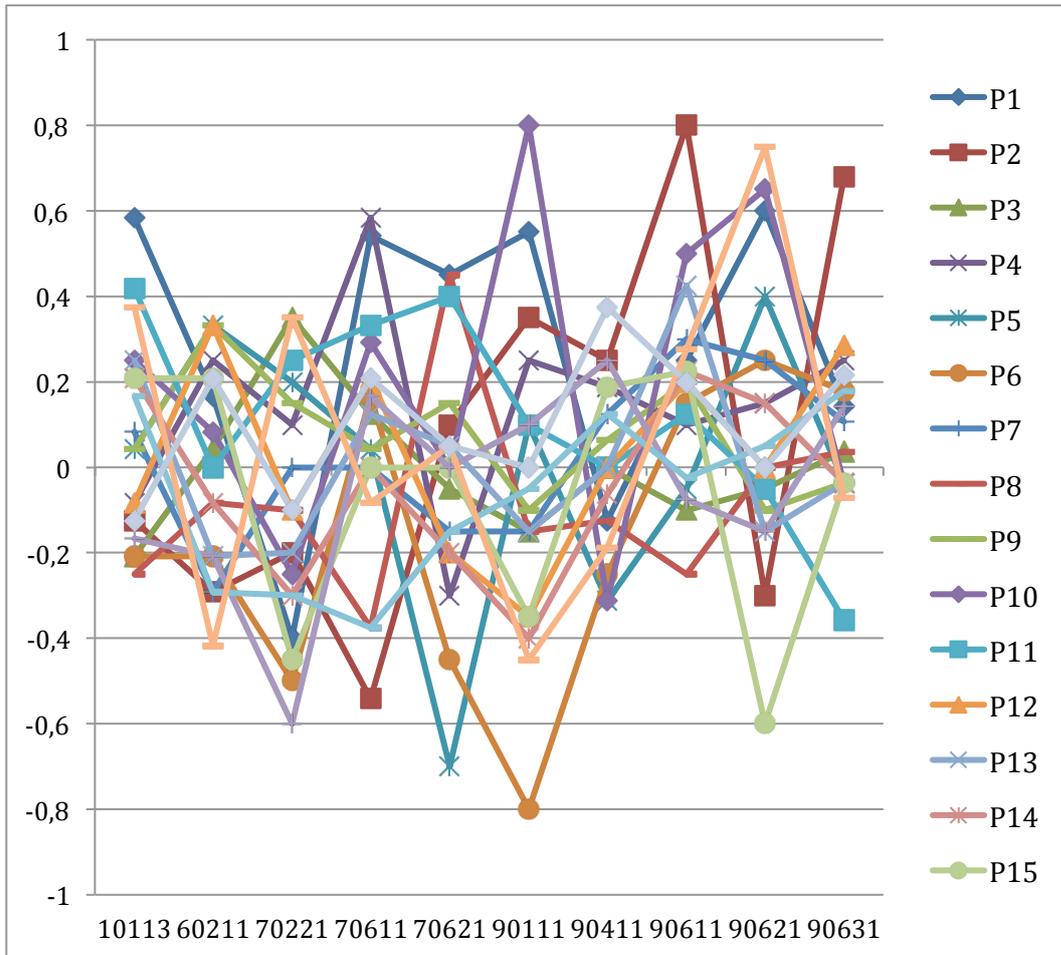


Figura 3. Perfiles del cambio conceptual medido por el tamaño de las diferencias entre los índices medios (post-test menos pre-test) en cada cuestión para los 19 profesores.

Los restantes trece profesores muestran perfiles de cambios globales moderados ($-.10 < m < +.10$), negativos (cinco), positivos (seis) y dos con promedios próximos a cero ($-.01 < m < +.01$). Como en los anteriores, este grupo de profesores con perfiles de cambio más moderados obtienen también mejoras relevantes en algunas cuestiones y descensos también relevantes en otras cuestiones, aunque el número de cuestiones varía más ampliamente que en los grupos anteriores.

En resumen, una mayoría del profesorado en formación (12) logra un cambio promedio global positivo en sus concepciones, mientras una minoría (7) no logra alcanzar cambios positivos. Además, los cambios conceptuales en cada profesor son muy heterogéneos en calidad e intensidad según las cuestiones.

Discusión y conclusiones

Este estudio aplica unas actividades de desarrollo curricular de temas de NdcyT, que constituyen aprendizajes básicos en la formación del profesorado y promueven la reflexión y el debate didácticos personalizados, como instrumentos para formar explícitamente a los profesores sobre un tema específico y corto de NdcyT (investigaciones científicas), en lugar de varios temas o uno largo y genérico, como ha sido habitual en muchos estudios precedentes (Hanuscin, Lee y Akerson, 2011; Lederman, 2008; Tsai, 2007).

Los resultados empíricos sobre la mejora de las concepciones sobre NdCyT de los profesores son modestos pero claros y complejos. Sobre los 190 indicadores de cambio de los 19 profesores en las diez cuestiones se ha encontrado que la mayoría (77; 41%) son positivos (cambio conceptual de mejora). También una mayoría de cuestiones (6) y una mayoría de profesores (12) logran mejorar sus concepciones, aunque en grados variables. Los profesores y las cuestiones que mejoran/empeoran exhiben también cuestiones o profesores con el cambio contrario, resultado que indica la complejidad del cambio conceptual.

Las cuestiones que mejoran en la mayoría de profesores son 90611 (Método científico), 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas). Una mayoría de profesores empeoran en 70221 (Controversias Cierre por hechos), 90111 (Observaciones y carga teórica) y 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes). Sin embargo, la magnitud global de la mejora en la cuestión que más mejora es casi doble del descenso de las negativas y la media global del cambio es moderadamente positiva.

Estos resultados deben valorarse en el contexto de la sencillez de la experiencia realizada. En primer lugar, los criterios cuantitativos adoptados para definir las mejoras de aprendizaje (singulares $d > .20$; promedios $d > .10$) son muy exigentes, pues $.20$ es la magnitud aproximada de la desviación estándar (un valor enorme) de los índices medios en grupos grandes (Bennássar et al., 2010). La interpretación cuantitativa de las mejoras sería menos modesta tomando un criterio menor; por ejemplo, si se adopta ($d > .10$) el mejor profesor (1) exhibiría mejoras en ocho cuestiones y el peor profesor (3) exhibiría mejoras en cuatro cuestiones.

Otro rasgo distintivo de esta intervención es su brevedad en el tiempo (10 horas de trabajo personal), la concreción en el tema tratado y el contexto hispano si se compara con la mayoría de estudios que usan semestres o meses, temas más amplios y contextos anglosajones (Deng et al. 2011).

La dificultad diagnosticada de los profesores para mantener sus ideas previas adecuadas (casos de empeoramientos) indica que aquellas no son sólidas; debería ampliarse la ayuda para mantener las ideas previas adecuadas con los profundos matices que caracterizan una comprensión informada de NdCyT y con actividades adicionales o más intensas de argumentación, discusión y conclusión, como también ha sido sugerido por Abd-El-Khalick (2012).

La proyección más útil de este estudio es la propuesta de un modelo de formación en NdCyT para el profesorado que se basa en el desarrollo de una competencia general (planificación explícita de secuencias de enseñanza) complementada con actividades de reflexión sobre la realimentación de sus propias respuestas (similar al modelo de Celik y Bayrakçeken, 2006). La evaluación de los cambios empíricos mediante un cuestionario estandarizado de escenarios y respuestas múltiples facilita el empleo universal del modelo de formación sin necesidad de conocimientos profundos sobre NdCyT del formador (Bennássar et al., 2010; Vázquez et al., 2006).

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

Los modestos resultados logrados sugieren también propuestas de mejora: extensión de los procesos de reflexión personal, inclusión de más debates colectivos para profundizar el conocimiento didáctico del contenido de los profesores y una mayor intervención del formador para orientar más activamente el aprendizaje de NdCyT (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006).

Por otro lado, el instrumento y los datos recogidos permiten la continuación natural de este estudio mediante la profundización y ampliación de nuevos análisis, similares a los presentados, pero basados en cada una de las sentencias dentro de cada cuestión, las cuales, por ser más específicas, permitirían una mayor concreción y precisión en el análisis del cambio conceptual sobre NdCyT de los profesores.

En suma, este estudio se añade al creciente cuerpo de conocimientos que avalan empíricamente la eficacia de métodos de enseñanza explícitos y reflexivos para mejorar las concepciones sobre NdCyT del profesorado (Acevedo, 2009; Deng et al. 2011; Lederman, 2008), aportando el valor añadido de una brevedad y concreción facilitadores de su inserción curricular y una evaluación estandarizada replicable, a la vez cuantitativa y cualitativa, que pueden ayudar a su diseminación y uso por otros formadores.

Referencias

- 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. Consultado en <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*. Consultado en <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. (Coord.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. Consultado en 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
- 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). Consultado en <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev162COL11.pdf>
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., y Chai, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961–999.
- 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. *Daímon Revista Internacional de Filosofía*, 50, 31-41.
- 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*, 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.
- 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.
- 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. Consultado en <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. Consultado en <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. Consultado en <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. Consultado en <http://schct.iec.cat/Web1AutumnSchool/FirstAutumnSchool.html>
- Vázquez, Á., 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., Bennássar, 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^a I. Cebreiros (eds.). *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias* (pp. 283-289). Ourense: Educación Editora.

Apéndice A

Diez cuestiones de respuesta múltiple ante un escenario aplicadas como pre-test y post-test para evaluar la eficacia de la intervención didáctica para mejorar las concepciones de los profesores sobre las investigaciones científicas.

Aspecto	Clave	Texto del escenario planteado en 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 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.

Ejemplo de muestra de una de las cuestiones

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

- A. procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.
- B. registrar datos muy cuidadosamente.
- C. controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.
- D. obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.
- E. comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.
- F. postular una teoría y después crear un experimento para probarla.
- G. plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.
- H. una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.
- I. una actitud que guía a los científicos en su trabajo.
- J. considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente una cosa llamada método científico.

Autores

Ángel Vázquez Alonso

Doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación, licenciado con grado en Físicas y licenciado en Químicas. Desde 1986 ejerce como inspector de educación y profesor asociado de la Universidad. Ha desarrollado líneas de investigación sobre didáctica general (evaluación, motivación y atribución causal del rendimiento escolar) y didáctica de las ciencias (ideas previas, actitudes, ciencia-tecnología-sociedad, alfabetización científica y naturaleza de la ciencia), habiendo dirigido y participado en una veintena de proyectos.

María Antonia Manassero Mas

Doctora en Psicología y Catedrática de Psicología Social. Sus investigaciones se centran en los procesos psicosociales en el trabajo (estrés, burnout, trabajo emocional, etc.), la salud, el rendimiento académico, actitudes hacia la ciencia y la tecnología y su relación con la sociedad y género y violencia contra las mujeres. Es autora de libros y capítulos de libros, artículos publicados en revistas y comunicaciones a congresos internacionales, conferenciante invitada y evaluadora de proyectos y títulos.