



La formación del profesorado sobre temas CTS: Un modelo para mejorar sus concepciones

Teacher training on STS themes: a model to improve in-service teachers' conceptions

Ángel Vázquez-Alonso

University of the Balearic Islands, Spain
angel.vazquez@uib.es

Antonia Manassero-Mas

University of the Balearic Islands, Spain
ma.manassero@uib.es

Resumo:

As questões CTS são consideradas parte da cultura científica para todos e, portanto, faz-se necessária uma formação de professores de ciências sobre esses temas. Este estudo propõe-se analisar a eficácia do desenvolvimento de um modelo de formação inicial para professores do ensino secundário, modelo esse que segue as linhas de mudança conceitual indicadas pela investigação (formação explícita e reflexiva). Os professores realizam atividades explícitas e reflexivas de aprendizagem, com base no conhecimento pedagógico do conteúdo sobre um tópico específico de CTS (investigação científica), e desenvolvem algumas reflexões auto-avaliativas. A eficácia da formação é avaliada através de uma metodologia quasi-experimental, longitudinal, pré-pós-teste, tendo como recurso uma ferramenta de avaliação padronizada, baseada em dez questões de múltipla escolha a respeito de cenários e acompanhada de reflexões qualitativas por parte dos professores (cujos resultados não são apresentados aqui). Os resultados da avaliação baseada nas respostas iniciais e finais sobre os dez cenários apresentados permitem a apuração dos perfis individuais de concepções prévias sobre CTS e dos perfis de mudança conceitual dos professores. Comparações entre professores e entre as questões permitem identificar áreas específicas onde os docentes mudam as suas ideias iniciais, além de possibilitarem uma avaliação do sentido e intensidade dessas mudanças. Os resultados revelam a complexidade e as dificuldades de mudança conceitual na aprendizagem de temas CTS. Finalmente, são discutidas a viabilidade, a generalização e melhorias propostas para o modelo de formação inicial de professores de ciências.

Palavras-chave: Ciência, Tecnologia e Sociedade; formação de professores; avaliação; literacia em ciência e tecnologia; natureza da ciência e tecnologia.

Summary:

STS issues are considered part of scientific literacy for all and therefore the need to train science teachers on these issues arises. The effectiveness of the implementation of a training model, for secondary teachers undergoing initial training, which follows the conceptual change guidelines suggested by research (explicit and reflexive training), is studied here. Teachers perform explicit and reflective learning activities on a specific STS topic (scientific research), based on pedagogical content knowledge, and develop self-assessment reflections. The effectiveness of training is evaluated through a quasi-experimental longitudinal methodology, including pre and post-test application of a standardized assessment tool, containing ten multiple choice questions on different scenarios, as well as the teachers' qualitative reflections (these results are not presented here). The



pre and post-test results of the evaluation, with the teachers' responses on the ten scenarios, allow the profiling of individual STS preconceptions, together with the profiling of teachers' conceptual changes. Comparisons between teachers and between questions help identifying the specific areas where teachers change their previous conceptions, besides evaluating the direction and intensity of these changes. Findings reveal the complexity and the difficulties conceptual changes cause in teachers' while studying STS issues. Finally, feasibility, generalization and improvements proposed to the initial training model of science teachers are discussed.

Keywords: Science, Technology and Society; teacher training; evaluation; literacy in science and technology; nature of science and technology.

Resumen:

Los temas CTS se consideran parte de la alfabetización o cultura científica para todos y, por ello, se plantea la formación del profesorado de ciencias sobre estos temas. Se estudia la eficacia de la aplicación de un modelo formativo para profesores de secundaria en formación inicial que sigue las líneas de cambio conceptual sugeridas en la investigación (formación explícita y reflexiva). Los profesores realizan unas actividades de aprendizaje explícitas, reflexivas, basadas en el conocimiento didáctico del contenido sobre un tema específico de CTS (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 estandarizado de respuesta múltiple basado en diez cuestiones sobre escenarios y las reflexiones cualitativas de los profesores (cuyos resultados no se presentan aquí). Los resultados de la evaluación con las respuestas iniciales y finales de los profesores a los diez escenarios presentan calcular los perfiles individuales de las concepciones previas CTS y los perfiles el cambio conceptual de los profesores. Las comparaciones entre profesores y entre cuestiones permiten identificar los aspectos específicos donde los profesores cambian sus ideas previas y evaluar el sentido e intensidad de los cambios producidos; también se identifican los cambios para las diez cuestiones planteadas. Los hallazgos revelan la complejidad y las dificultades del cambio conceptual en el aprendizaje de temas CTS. Finalmente, se discuten la viabilidad, la generalización y las mejoras del modelo de formación inicial propuesto para el profesorado de ciencias.

Palabras clave: Ciencia tecnología y sociedad; formación del profesorado; evaluación; alfabetización en ciencia y tecnología; naturaleza de ciencia y tecnología.

Introducción

Los contenidos interdisciplinares CTS acerca de qué es y cómo funcionan ciencia y tecnología, tienen como tema central 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 tecnociencia (Bennássar, Vázquez, Manassero, & García-Carmona, 2010; Echeverría, 2010).

Desde la perspectiva educativa, el lema de la alfabetización científica (o cultura científica) de todos los ciudadanos tiene como componentes básicos la comprensión "de" la ciencia (los tradicionales contenidos 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 en la literatura anglosajona, que se corresponde también con el lema CTS (Hodson, 2009; Millar, 2006).

La caracterización de CTS como componente básico de la alfabetización científica de todas las personas lo convierte en un objetivo transcendental para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia de la educación, aunque su complejidad y carácter innovador añade dificultad y representa un reto (McComas & Olson, 1998). Desde hace lustros, muchos países desarrollan currículos escolares innovadores de ciencias que incluyen los contenidos de CTS. La reciente propuesta de "Next Generation Science Standards" (NGSS, 2013) aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada de CTS, basada en dos rasgos básicos: los rasgos asociados a las prácticas científicas y los rasgos transversales (la ciencia se ocupa de cuestiones acerca del mundo natural y material. la ciencia, asume orden y consistencia en los sistemas naturales, es una forma de saber y es una empresa humana). En España, la situación está aún alejada de estos estándares (Vázquez & Manassero, 2012b).

Contextualización teórica

Una vez que los contenidos de CTS han sido institucionalizados en los currículos oficiales, su carácter complejo e innovador genera dificultades para enseñarse en las aulas. Toda innovación genera siempre resistencias inerciales, por el mero hecho de su novedad, la ausencia de materiales y 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 CTS es que los profesores no tienen una comprensión adecuada de los temas de CTS. La mayoría del profesorado muestra creencias tradicionales, positivistas e idealistas que han sido confirmados en diversos países y con diferentes instrumentos y metodologías (Apostolou & Koulaidis, 2010; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011; Celik & Bayrakçeken, 2006; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2011; Irez, 2006; Lederman, 2008; Ma, 2009; Vázquez & Manassero, 2012a).

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, pero la comprensión de CTS por los profesores constituye una condición necesaria (aunque no suficiente) para su enseñanza en el aula (Mellado, 1998; Tsai, 2007).

Distintas líneas de investigación han confluído en identificar ciertas ideas de CTS ampliamente compartidas, que merecen consenso de los especialistas para ser enseñadas. Este consenso



disminuye su complejidad y facilita su enseñanza, a la que también contribuye el proceso natural de transposición didáctica de los contenidos de CTS (ver revisión en Vázquez & Manassero, 2012a).

A pesar de ello, los contenidos de CTS siguen siendo 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 debe estar enfocada a la reflexión 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 la enseñanza de los profesores acerca de CTS se ha centrado en los últimos años sobre 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 CTS efectiva requiere dos condiciones clave:

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

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

Deng y sus colegas (2011) demuestran que el 88% de estudios con enfoques explícitos alcanzaron mejoras de la comprensión de CTS 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, mientras no producen cambios los estudios que carecen de una actividad reflexiva.

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

Por tanto, el objetivo de este estudio es afrontar este campo abierto de investigación analizando la formación de profesores de ciencias, usando instrumentos de un estudio de investigación más amplio (Vázquez, Manassero, Bennássar, & Ortiz, 2013), junto con nuevas pautas para diseñar una formación integral del profesorado de ciencias en temas de CTS (Abd-El-Khalick, 2012).

El estudio es una investigación empírica acerca de la eficacia de formar profesores sobre un aspecto de CTS concreto (por contraposición a otros más genéricos o amplios), en este caso, sobre los rasgos de las investigaciones científicas. Como instrumentos de formación se usan secuencias de enseñanza-aprendizaje breves y específicas acerca del aspecto de CTS citado y basadas en casos



históricos, que hacen desarrollar a los profesores un conjunto de actividades de aprendizaje para suscitar el aprendizaje significativo sobre CTS, 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 investigación se ajusta a un diseño longitudinal pre-post-test, cuyo tratamiento es la intervención de formación de profesores (actividades de reflexión y análisis de una secuencia de aprendizaje sobre el tema) realizada antes de la segunda evaluación (post-test) para comprobar los cambios producidos.

Participantes

Los participantes son diez estudiantes (seis mujeres) enrolados (2014) en el master universitario de formación inicial del profesorado de secundaria, entre 24 y 29 años, graduados en ciencias físicas (2), químicas (5), ambientales y biología (3). Los participantes son ciegos respecto al diseño experimental del estudio 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 CTS) y la evaluación

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 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.

Los primeros comprenden los documentos y actividades de la secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) cuya 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 el rasgo de CTS acerca de las investigaciones a partir de unos materiales iniciales simples, una breve lectura histórica y algunas actividades para los alumnos (ver lecturas en Vázquez & Manassero, 2013b). El profesor debe estudiar estos materiales iniciales y, a partir de ellos, re-construir los elementos



didácticos fundamentales de la SEA global (finalidad, objetivos, contenidos básicos, criterios de evaluación, etc.). Para realizar esta reconstrucción, el profesor recibe una matriz esquemática vacía, que solo contiene las categorías del diseño de la planificación didáctica. A partir del estudio de los materiales iniciales, cada profesor debe llenar y completar los contenidos de la matriz para producir el diseño completo de la SEA.

La eficacia de estas actividades para mejorar la comprensión del profesor sobre el aspecto de CTS estudiado 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), la versión española del VOSTS (Aikenhead & Ryan, 1992). Las cuestiones fueron desarrolladas empíricamente, a partir de entrevistas y respuestas abiertas dadas por estudiantes, que fueron sintetizadas en las diferentes frases que conforman las opciones múltiples 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 diferentes escenarios que plantean las diez cuestiones elegidas se relacionan con el tema específico (investigaciones científicas); cada una plantea un escenario CTS, en lenguaje sencillo y estilo no técnico, identificado con un número de cinco dígitos un escenario diferente del tema, que se describen en la tabla 1 (ver texto de algunas cuestiones en Vázquez & Manassero, 2013a). El escenario va seguido por una serie de frases, cada una etiquetada con una letra A, B, C... y en número diferente para diferentes cuestiones. Cada frase enuncia una posición específica (creencia) sobre el escenario (Manassero, Vázquez, & Acevedo, 2003).

Los encuestados responden valorando su grado de acuerdo o desacuerdo (respuestas directas) con cada una de las frase que forman las cuestiones sobre una escala de nueve puntos (1 a 9, desacuerdo a acuerdo), o alternativamente no evaluando o dejando sin respuesta (en blanco). 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, Manassero & Acevedo, 2006). Cuanto mayor (menor) es el índice, mejor (peor) informada es la concepción, según la visión actual de la historia, la filosofía y la sociología de CyT; 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 CTS), 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 CTS (Acevedo, Acevedo, Manassero, & Vázquez, 2001; Manassero, Vázquez, & Acevedo, 2001).

El promedio ponderado de los índices de las frases de cada cuestión permiten calcular el índice promedio que representan el grado de comprensión para cada cuestión.

Procedimiento

El diseño de esta experiencia se desarrolla en tres fases:

a) una evaluación inicial, cada profesor responde las diez cuestiones del instrumento de evaluación.



b) 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 & Duit, 1998), llenando de contenido un esquema vacío de la SEA, que actúa como instrumento de cambio conceptual en el profesor (Duit & Treagust, 2003).

Durante y después de la presentación en clase de la SEA elaborada por cada profesor se suscitaron reflexiones y debates sobre los temas implicados de CTS. Posteriormente se dedicaron dos horas para presentar y discutir en la clase el diagrama de flujo “¿Cómo funciona la ciencia” (<http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>).

Procesos de auto-reflexión adicionales fueron desarrollados por cada estudiante sobre sus respuestas iniciales y finales a las diez cuestiones de evaluación.

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

El estudio establece la línea base de las creencias previas del profesorado sobre CTS y de la evaluación posterior. La efectividad del tratamiento de formación explícita y reflexiva sobre investigaciones científicas se valora comparando las respuestas de los estudiantes a la evaluación inicial y final según procedimientos estandarizados de valoración con las puntuaciones de los índices, que se sitúan en el intervalo [-1, +1]. Una diferencia se considera relevante si es mayor de 0.20 puntos; en el caso de diferencias entre promedios, si es mayor que 0.10 puntos. Se arbitran estos valores teniendo en cuenta que las medias de los índices de cuestiones para grupos grandes tienen desviaciones estándares del orden de .20 puntos; así pues, el criterio convencional aplicado para valorar las diferencias es muy exigente, pues corresponde a una o media desviación estándar (Bennássar et al., 2010).

Resultados

Dada la limitación de espacio, se presentan solo los resultados cuantitativos de cambio de los profesores, a partir de las comparaciones entre la evaluación inicial y final de las respuestas a las diez cuestiones.

Índices medios iniciales: concepciones previas

La figura 1 muestra los perfiles individuales de las líneas base iniciales de los diez 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 con detalle en la figura, pero algunos resultados macroscópicos pueden ser extraídos de la representación gráfica.

En primer lugar, la evaluación global inicial es positiva, puesto que aunque los puntos promedio que representan la comprensión de los profesores están situados dispersamente a ambos lados del eje en la parte positiva y en la parte negativa, es perceptible una tendencia global positiva cuyo grado es confirmado por el gran promedio de los índices sobre cuestiones y profesores que resulta positivo (+.038).

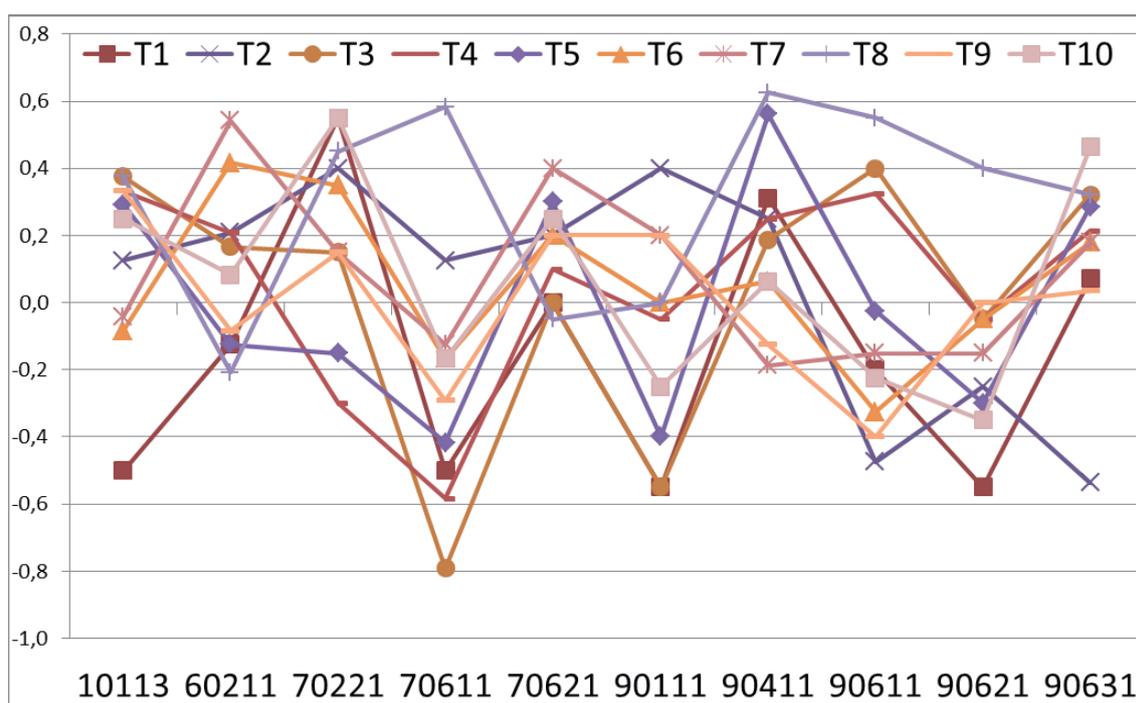
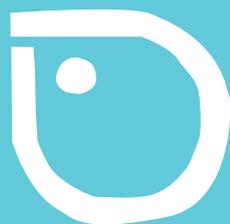


Figura 1. Perfis individuais de las líneas base iniciales de los diez profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas (índices medios pre-test en cada cuestión).

Individualmente, la mayoría de los profesores (7) tienen un promedio individual positivo sobre las diez cuestiones. Además de este resultado mayoritariamente positivo, tres profesores tienen un promedio individual medio sobre las diez cuestiones relevante y positivo ($m > .10$). Este resultado significa que aunque la mayoría de profesores tienen un promedio positivo, solo tres tienen una comprensión suficiente e informada para poder enseñar naturaleza de la ciencia porque sus promedios personales, aunque positivos, no son relevantemente positivos.

En segundo lugar la figura 1 pone de manifiesto que la dispersión de las puntuaciones medias entre los profesores en la mayoría de las cuestiones es muy amplia; esto quiere decir que los profesores tienen ideas previas muy diferentes sobre los temas representados en cada cuestión. La cuestión que exhibe la dispersión más amplia entre los profesores es la cuestión 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), 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 + .60 y más bajo - .80), mientras que tres cuestiones muestran la dispersión es más bajas: 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes) y 10113 (Ciencia como Proceso), aunque la diferencia entre el profesor con la medias más alta y el profesor con la media más baja puede considerarse todavía importante (0.4 puntos).

Analizando los resultados previos por cuestiones, el promedio de cada cuestión sobre los diez profesores indica que la mayoría de las cuestiones (6) logran un índice medio positivo, todas ellas



con puntuaciones medias relevantes y positivas ($m > .10$) en las cuestiones 10113 (Ciencia como Proceso), 60211 (Características de Científicos), 70221 (Controversias Cierre por hechos), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes), 90411 (Provisionalidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas). Las puntuaciones más bajas y negativa ($m < - .10$) corresponden a dos cuestiones: 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos) y 90621 (Investigaciones científicas Utilidad). El resto de las cuestiones exhiben índices promedios próximos al valor cero, es decir, que representan una comprensión de CTS neutra, ni positiva ni negativa, insuficiente para que un profesor de ciencias pueda enseñar CTS con calidad.

Diferencias globales de cambio

La hipótesis central de este estudio se refiere a la evaluación de la mejora en las concepciones de CTS de los profesores. Para ello, se comparan las evaluaciones inicial y final mediante los índices medios de las cuestiones de evaluación.

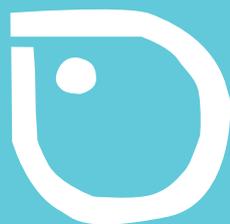
Los perfiles individuales de las líneas base finales de los diez profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas, representadas por los índices medios pos-test de cada cuestión muestran patrones globales paralelos a los perfiles previos de la figura uno, aunque mejorados. Las grandes medias de cuestiones y profesores antes ($m = .038$) y después ($m = .108$) son ambas positivas. Sin embargo, las diferencias entre estos índices globales medios sobre las diez cuestiones y sobre los diez profesores participantes es positivo ($d = +0.070$), lo cual es un primer indicador general de que la intervención aplicada es eficaz para mejorar las concepciones de los profesores sobre las investigaciones científicas, aunque el pequeño valor positivo de esta mejora pueda considerarse modesto.

Como es conocido, uno de los efectos que producen las grandes medias es reducir las varianzas de diferencias entre las variables promediadas e igualar artificialmente los resultados globales entre los grupos y los participantes. Por ello, el modesto resultado de las diferencias globales alcanzado sugiere un análisis más detallado por profesores y cuestiones, para la detección de las mejoras más relevantes que el tratamiento haya podido producir en los profesores individuales y en las cuestiones singulares aplicadas en la evaluación que puedan quedar enmascarados en el gran promedio, aunque, este primer indicador positivo de mejora sugiere ya una eficacia global del tratamiento aplicado.

Diferencias de mejora por cuestiones

La valoración de la mejora de la comprensión de CTS sobre las diez cuestiones aplicadas se realiza a través del análisis de las diferencias entre los índices promedio de cada cuestión en la evaluación final y la evaluación inicial para todos los profesores (figura 2). Los puntos de la línea que mide los cambios situados por encima de cero corresponden a diferencias positivas, y por tanto, mejoras causadas por el tratamiento.

La figura 2 muestra que siete cuestiones han experimentado un cambio positivo mientras las otras tres cuestiones no muestran una mejora (cambio negativo). No obstante, también se observa que el grado de la mejora en las cuestiones con cambio positivo es cuantitativamente mayor que el cambio negativo en esas tres cuestiones, ya que en todas ellas el promedio del cambio es muy próximo a cero ($d < -.10$). Además, la figura 2 permite identificar las cuestiones que mejoran más y menos para el conjunto de los profesores, y, en particular, detectar las cuestiones cuyos puntos



están situados en mayoría por encima del nivel cero, y por tanto, corresponden a mejoras globales en el conjunto de profesores.

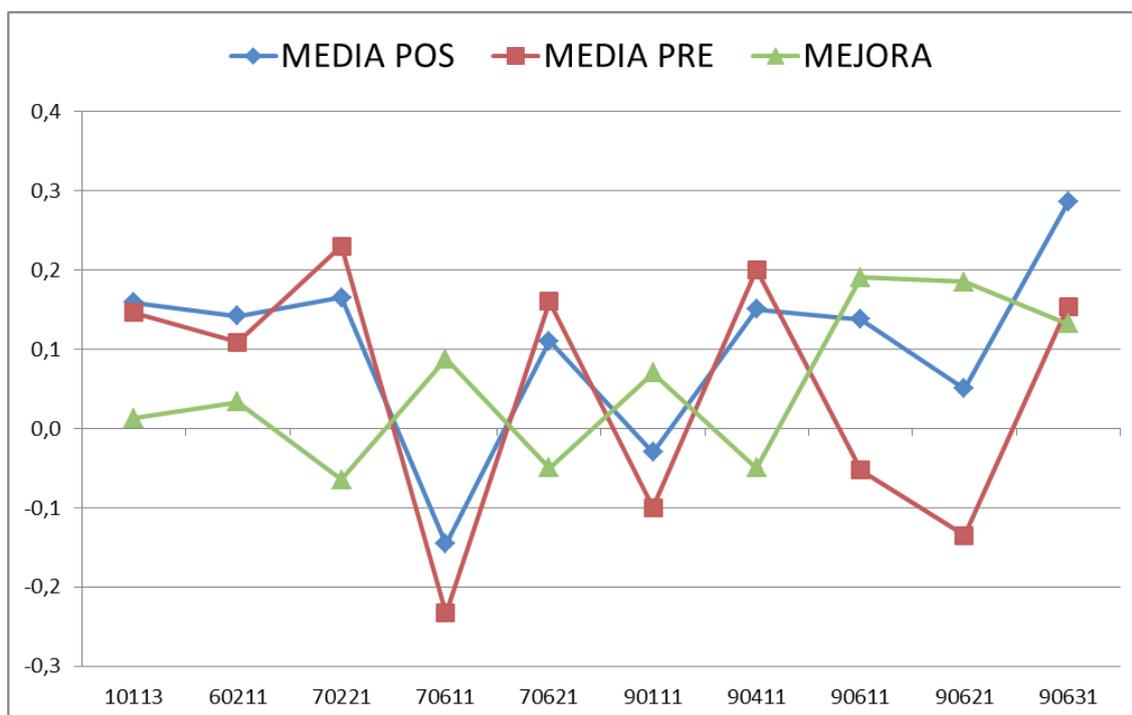
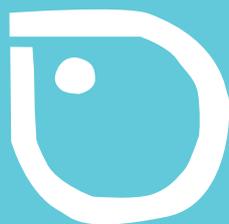


Figura 2. Perfiles de las diferencias pos-test menos pre-test sobre los índices medios globales de todos los profesores para las diez cuestiones de evaluación aplicadas.

Las cuestiones que presentan las mejoras globales mayores para todos los profesores ($d \approx +0.20$) son la cuestión 90611 (Método científico) y 90621 (Investigaciones científicas Utilidad); en ambas una mayoría de cinco profesores exhiben un cambio de mejora relevante ($d > +.20$), frente a sólo uno que presenta el cambio contrario. Otra cuestión con cambio de mejora positivo e importante, aunque un poco inferior a las anteriores, es la cuestión 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas); tres profesores exhiben un cambio de mejora relevante ($d > +.20$), la mayoría de los profesores (7) muestran un cambio de mejora positivo y los tres profesores que no mejoran tienen un cambio próximo a cero ($d = -0.036$).

También cabe destacar otros detalles relevantes que muestran la complejidad del cambio conceptual en CTS. En algunas cuestiones el potencial buen resultado de cambio de mejora global queda enmascarado porque algunos profesores muestran un cambio negativo muy importante. Por ejemplo, tres profesores logran en la cuestión 90111 (Observaciones y carga teórica) índices relevantes y positivos ($d > +.20$), aunque esta cuestión no alcanza globalmente un cambio importante porque el profesor 6 muestra un cambio negativo muy importante ($d = -.800$), aunque ningún otro profesor en esta cuestión tiene un cambio negativo importante ($d < -.20$). Un caso similar ocurre en la cuestión 70611 (Universalidad de ciencia Personalidad científicos), en la cual sólo dos profesores



tienen cambios negativos ($d < +.30$), frente a todos los demás que muestran cambios positivos, y entre ellos hay tres profesores con cambios muy relevantes ($d > +.20$).

Las tres cuestiones que muestran cambios globales negativos alcanzan una magnitud pequeña de este cambio ($d > +.20$) en los tres casos ($d > -.065$): 70221 (Controversias Cierre por hechos), 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes) y 90411 (Provisionalidad).

El balance global para el cambio experimentado en las concepciones de los profesores a lo largo de las cuestiones muestra siete cuestiones que mejoran y tres cuestiones que empeoran, pero el análisis más pormenorizado de los diferentes indicadores indica detalles significativos de la mejora cuantitativa en las distintas cuestiones y de los profesores que mejoran y empeoran dentro de cada cuestión.

Diferencias de mejora personalizada por profesores

El análisis de los perfiles personales de cambio y mejora de cada profesor a través de las diferencias post-pre demuestra la singularidad del cambio conceptual en cada persona (figura 3). De nuevo, el rasgo más global que trasmite la observación de la figura 3 es que los perfiles personales de cambio de los profesores no son homogéneos, es decir, de los profesores muestran las mayores mejoras también exhiben aspectos que no mejoran, y viceversa, entre los profesores con los peores perfiles aparecen también cuestiones con buenas mejoras.

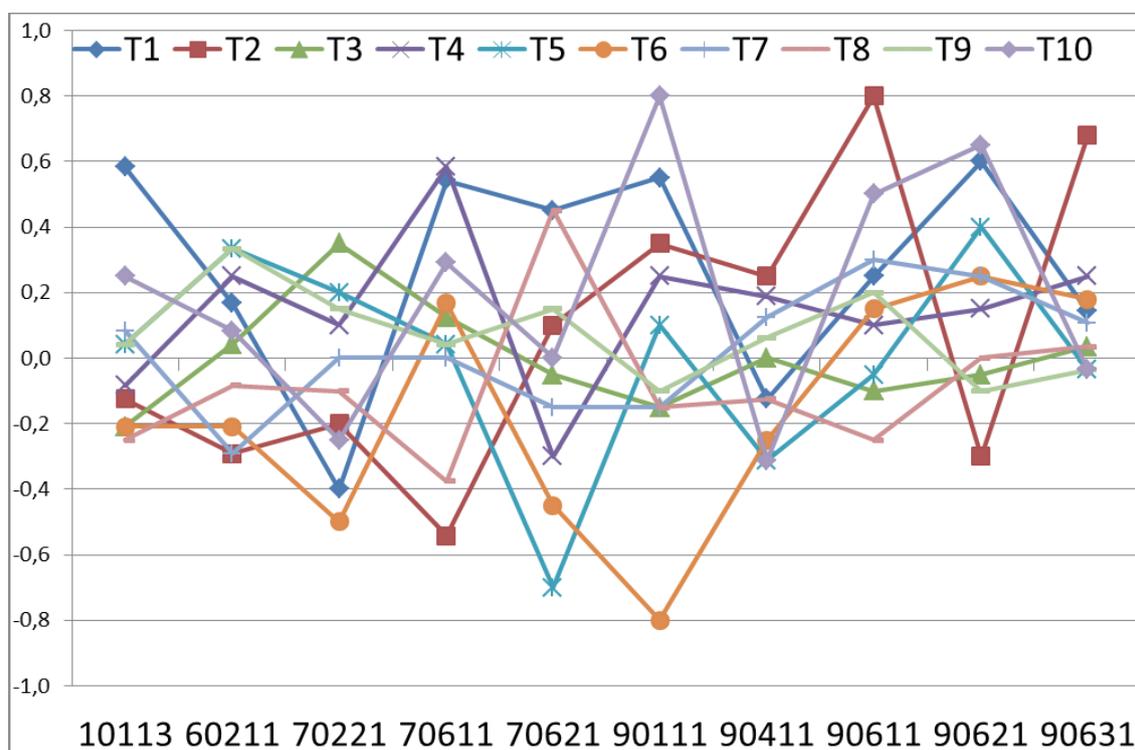


Figura 3. Perfiles del cambio conceptual medido por el tamaño de las diferencias entre los índices medios



(pos-test menos pre-test) en cada cuestión para los diez profesores.

Tomando en consideración el índice promedio global de cada profesor sobre las diez cuestiones, los perfiles de mejora muestran tres profesores (profesores 1, 4 y 10) que logran mejoras relevantes y positivas en la comprensión de CTS ($d > +.10$). El profesor 1 logra el promedio más alto de mejora de todos ($d = +.276$), como resultado de tener seis cuestiones con cambios relevantes muy positivos ($d > +.20$), cinco de las cuales logran cambios relevantes aún más positivos ($d > +.40$); a pesar de los resultados anteriores positivos, este profesor tiene en su perfil la cuestión 70221 (Controversias Cierre por hechos) que empeora significativamente ($d = -.400$).

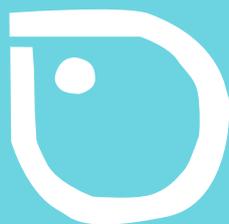
Los perfiles de los otros dos profesores cuyo cambio también es relevante y positivo muestran también cuatro o cinco cuestiones, según el caso, donde el cambio conceptual es relevante y muy positivo ($d > +.20$). Como contraste, los dos cuentan también en su perfil positivo con una cuestión al menos donde el cambio es relevante pero negativo ($d < -.20$), aunque el profesor 10 exhibe dos cuestiones con cambio relevante y negativo, 70221 (Controversias Cierre por hechos) y 90411 (Provisionalidad).

Entre los profesores con resultados negativos, sólo existe un profesor (profesor 6) cuyo cambio medio es relevante y negativo ($d = -.167$). Su perfil contiene seis cuestiones con promedios relevantes y negativos ($d < -.20$), entre las cuales destaca el cambio extraordinariamente negativo ($d = -.800$) en la cuestión 90111 (Observaciones y carga teórica); en contraste, este profesor también tiene una cuestión 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) cuyos promedio de cambio es relevante y positivo ($d > +.20$) y otras tres cuestiones con cambios también positivos ($d > +.10$).

Los restantes seis profesores muestran perfiles de cambios más moderados ($-.10 < d < +.10$), tanto negativos (1), como positivos (3) y dos sin cambio global, por tener promedios de cambio próximos a cero ($-.01 < d < +.01$). Como en los casos 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. El caso del profesor número 2 ($d = 0.072$) puede volver a ilustrar la heterogeneidad del cambio conceptual: cuatro cuestiones logran mejoras relevantes y positivas ($d > +.20$), destacando la extraordinaria mejora ($d = +.800$) en la cuestión 90611 (Método científico) mientras otras tres cuestiones y logran cambios relevantes negativos ($d < -.20$).

Finalmente, los 100 indicadores de comprensión CTS generados por los diez profesores sobre las diez preguntas en la evaluación inicial, en la evaluación final y en las diferencias de cambio entre ambas también apuntan a una mejora global del grupo después de la intervención, pues una minoría (40, 40 %) de indicadores de diferencias de cambio son negativas, frente a la mayoría del resto de los indicadores de cambio (60, 60 %) que producen mejoras positivas. Se puede concluir que una mayoría de cuestiones y presentan mejoras para todos los profesores.

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.



Conclusiones

Este estudio aplica unas actividades de desarrollo curricular de temas CTS, que constituyen aprendizajes básicos en la formación del profesorado, como base para promover la reflexión y el debate didácticos que a su vez son los instrumentos para formar explícitamente a los profesores sobre un tema corto y específico de CTS (investigaciones científicas), en lugar hacerlo con varios temas o un tema largo y genérico, como ha sido habitual en otros estudios (Hanuscin, Lee, & Akerson, 2011; Lederman, 2008; Tsai, 2007).

Los resultados empíricos obtenidos sobre la mejora de las concepciones sobre CTS de los profesores son modestos pero decisivos. Sobre los 100 indicadores de evaluación de los diez profesores en las diez cuestiones se ha encontrado que la mayoría de los indicadores (60 %) son positivos (cambio conceptual de mejora). También una mayoría de cuestiones (6) y una mayoría de profesores (7) logran mejorar sus concepciones, aunque en grados variables. Los profesores y las cuestiones que mejoran/empeoran exhiben también cuestiones o profesores con empeoramientos/mejoras relevantes, lo cual es un indicador de la complejidad y dificultades del cambio conceptual en CTS.

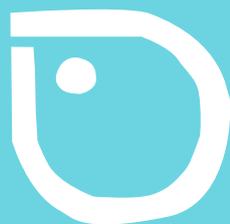
Las cuestiones que mejoran globalmente en el grupo de profesores son: 90611 (Método científico), 90621 (Investigaciones científicas Utilidad) y 90631 (Investigaciones científicas Acumulativas). Las cuestiones que empeoran globalmente en el grupo de profesores son: 70221 (Controversias Cierre por hechos), 90411 (Provisionalidad) y 70621 (Universalidad de ciencia Científicos brillantes). Sin embargo, la magnitud global de la mejora en las tres cuestiones que mejoran más es casi cuatro veces mayor que en la magnitud global del descenso en las tres cuestiones más negativas.

Estos resultados deben valorarse en el contexto de la sencillez de la experiencia realizada. En primer lugar, su brevedad en el tiempo (10 horas de trabajo personal) y la concreción en el tema tratado, si se comparase con la mayoría de estudios que usan semestres o meses y temas más amplios (Deng et al., 2011).

Otros rasgo distintivo de esta intervención son los criterios cuantitativos adoptados para computar las mejoras relevantes de aprendizaje ($d > .20$ y $d > .10$ para promedios) son muy exigentes (Bennássar et al., 2010). La interpretación cuantitativa de las mejoras logradas sería más favorable adoptando un criterio menor; por ejemplo, si se adoptara ($d > .10$) el mejor profesor (1) exhibiría mejoras en ocho cuestiones y el peor profesor (6) exhibiría mejoras en cuatro cuestiones.

El diagnóstico del estudio pone de manifiesto la dificultad de los profesores para cambiar algunos de sus concepciones previas, pero también pone de manifiesto la dificultad de mantener las concepciones iniciales adecuadas (casos de empeoramientos). Los empeoramientos son indicadores de que las concepciones adecuadas previas no son sólidas, y este resultado sugiere que debería ampliarse la ayuda para mantener las ideas previas adecuadas y los matices que caracterizan una comprensión adecuada de CTS con actividades adicionales de argumentación, discusión y conclusión, como ha sido sugerido por Abd-El-Khalick (2012).

La evaluación de los cambios empíricos mediante un cuestionario estandarizado de escenarios permite el empleo universal del modelo de formación por formadores sin conocimientos profundos de CTS (Bennássar et al., 2010; Vázquez et al., 2006). La proyección más útil de este estudio es la propuesta de un modelo de formación en CTS 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 & Bayrakçeken, 2006).

Los modestos resultados logrados sugieren también propuestas de mejora: la extensión de los procesos de reflexión personal, incluyendo 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 CTS (Akerson, Morrison, & Mcduffie, 2006).

La reflexión del profesor es una actividad enriquecedora para la formación del profesorado, porque ayuda a los formadores a comprender los múltiples matices del pensamiento del profesorado sobre CTS (Hanuscin, Lee, & Akerson, 2011), disminuye el riesgo de la mayor idiosincrasia de las evaluaciones puramente cualitativas (Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011) y supera la dificultad de comparar experiencias reales e investigaciones planificadas en contextos auténticos familiares para el aprendiz (Abd-El-Khalick, 2012, pp. 1055-1056).

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 los índices de cada una de las sentencias de cada cuestión, las cuales, por ser más específicas, permitirían una mayor concreción y precisión en el análisis del cambio conceptual de los profesores sobre CTS.

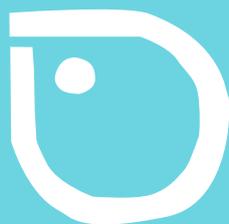
En resumen, este estudio confirma los aspectos específicos y calcula el grado de la eficacia del modelo para mejorar las concepciones sobre CTS del profesorado y se añade al creciente cuerpo de conocimientos que avalan empíricamente la eficacia de métodos de enseñanza explícitos y reflexivos, junto con la aportación de una evaluación estandarizada replicable, a la vez cuantitativa y cualitativa, que facilitan su diseminación y uso por otros formadores (Acevedo, 2009; Deng et al., 2011; Lederman, 2008).

Créditos:

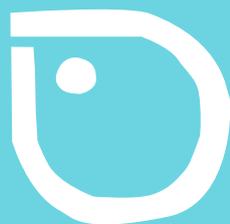
Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Referencias

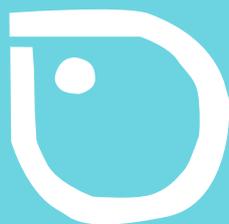
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B. J. Fraser et al. (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). New York: Springer-Verlag, DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7_64
- Abd-el-Khalick, F., & 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., & 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., & Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, s. p. Consultado en rieoei.org/deloslectores/Acevedo.PDF
- Aikenhead, G. S., & 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., & 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., & 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., & 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. Consultado en www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf
- Celik, S., & 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), 469-500. Consultado en <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev162COL11.pdf>
- Duit, R., & 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., & 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., & 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., & 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., & Duit, R. G. H. (1998). The model of educational reconstruction. En H. Bayrhuber, & 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, & 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., & 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., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In 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. In B. J. Fraser, & 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>
- Tsai, C-C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91(2), 222-243.
- Vázquez, Á., & 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., & 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., & 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., & 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., Bennáscar, A., & Ortiz, S. (2013). Proyecto EANCYT: Enseñar, aprender y evaluar sobre naturaleza de la ciencia y tecnología. In P. Membiela, N. Casado, & M^o I. Cebreiros (Eds.), *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias* (pp. 283-289). Ourense: Educación Editora.