

Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación en la Formación de Docentes en Educación CTS en el contexto del siglo XXI

*Ángel Vázquez Alonso*¹

Universidad de las Islas Baleares, España

Resumen

Este artículo plantea los perennes temas educativos de enseñar, aprender y evaluar (tanto enseñanzas, como aprendizajes) desde la perspectiva de la formación de docentes en la educación CTS y en el contexto del siglo XXI. Enseñanza y aprendizaje son dos conceptos relacionados, pues la enseñanza es una actividad intencional que pretende lograr que alguien aprenda algo, pero no son idénticos, ni su relación es biunívoca. Estos temas se abordan desde el siguiente esquema: evolución histórica del movimiento CTS, enseñanza, aprendizaje, evaluación y formación de docentes en CTS. La evolución del movimiento CTS ha alumbrado una serie de nuevos conceptos que dominan hoy la literatura internacional (alfabetización científica y tecnológica, naturaleza de la ciencia y tecnología, temas socio-científicos, etc.), y proveen la contextualización del siglo XXI de donde surgen las principales experiencias presentadas sobre la enseñanza, aprendizaje y formación docente. La enseñanza plantea los aprendizajes planeados sobre temas CTS y las evaluaciones realizadas muestran los aprendizajes logrados, tres cuestiones tan íntimamente ligadas que solo se separan por las necesidades de exposición. Después se concretan las competencias docentes y el conocimiento didáctico del contenido como piedras angulares para la formación de docentes CTS, puesto que la formación de docentes primero es enseñanza (aplicada por sus formadores), que debe transformarse en aprendizaje del docente en formación, y que tanto la enseñanza como el aprendizaje son evaluables. Finalmente, se plantean algunas preguntas y retos de futuro para la formación de docentes CTS, sugiriendo la necesidad de enseñar y aprender destrezas de alto nivel cognitivo, que son claves para superar las reiteradas dificultades encontradas en la investigación

1 Profesor Asociado e Investigador Honorífico de la Universidad de Islas Baleares, España Investigador en Didáctica de las Ciencias: ciencia-tecnología-sociedad, alfabetización científica y naturaleza de la ciencia. angel.vazquez@uib.es

sobre la enseñanza y el aprendizaje de temas CTS, tanto en el aprendizaje de los estudiantes como en la formación de docentes.

Palabras clave: educación CTS, enseñanza reflexiva, aprendizaje meta-cognitivo, evaluación de actitudes, formación de docentes, pensamiento crítico.

Teaching, Learning and Evaluation in Teacher Training on STS education in the context of the XXI century

Abstract

This paper raises the perennial educational issues of teaching, learning and evaluation (of both teaching and learning) from the framework of teacher training in STS education in the context of the XXI century. Teaching and learning are two related concepts, yet not identical, as teaching is an activity which intends to make someone learn something. These issues are addressed through the following scheme: historical evolution of STS movement, teaching, learning, assessment and teacher training in STS. The evolution of the STS movement has illuminated a number of new concepts that today dominate the international literature (scientific and technological literacy, nature of science and technology, socio- scientific issues , etc.), which provide the contextualization of the XXI century where the major experiences about teaching, learning and teacher education presented here arise. The specific requirements for teaching and learning STS issues and the evaluation of achievements are presented; the three questions are so closely linked that are only separated as a matter of their presentation. Then teaching skills and pedagogical content knowledge are presented as the cornerstones for STS teacher training, since teacher training is firstly education (as developed by teacher trainers), which should become learning for trainee teachers and that both teaching and learning are evaluable. Finally, some questions and future challenges for STS teacher training are raised, around the teacher's to be taught high-level cognitive skills, which the research on teaching and learning STS issues points out to be key to overcome the repeated difficulties encountered in student learning and teacher training.

Keywords: STS education, reflective teaching, meta-cognitive learning, attitude assessment, teacher education, critical thinking

Introducción: el enfoque CTS de la educación científica

En el último cuarto del siglo XX, de la mano del naturalismo filosófico, surgió el movimiento CTS, que pretendía renovar el positivismo lógico como filosofía única de la ciencia, añadiendo las perspectivas históricas, filosóficas, sociológicas y psicológicas, entre otras. La vertiente educativa del movimiento CTS traslada ese desafío innovador a la educación científica, pretendiendo mejorar la educación tradicional, por una educación más centrada en los estudiantes, más innovadora en objetivos personales, sociales y actitudinales y que ofreciera una imagen de la ciencia más actual y realista en el siglo XXI.

El núcleo innovador del movimiento CTS es el cambio de enseñar los productos abstractos de la ciencia (hechos, conceptos, modelos y teorías científicas) a presentar una ciencia en contexto, donde no sólo tienen un papel los productos, sino también y predominantemente los procesos para comprender las relaciones con la tecnología, el medio ambiente y la sociedad. El objetivo es que los aprendizajes científicos sean instrumentos útiles para la vida diaria, ofrezcan una imagen adecuada de la ciencia y eduquen ciudadanos más responsables, racionales, creativos y críticos desde los temas CTS.

Durante el último cuarto del siglo XX el movimiento CTS se desarrolló, creció y se transmutó, después de una fértil fecundación de la educación científica, que

hoy se reconoce. Aunque, las causas de esta transmutación son diversas, sin duda, la más importante es la diversidad y multidisciplinariedad de las propuestas desarrolladas para lograr el objetivo central del movimiento CTS (innovar la educación tradicional). La gran envergadura y disparidad de propuestas hicieron inviable el mantenimiento de la unidad del movimiento CTS. Dos conocidos manuales (Solomon y Aikenhead, 1994; Kumar y Chubin, 2000) se pueden considerar las dos últimas grandes síntesis del movimiento CTS, que atestiguan el gran desarrollo alcanzado, así como los retos, tensiones y dificultades que afrontaba un movimiento tan vasto como diverso.

La panoplia de temas CTS recogidos en esos manuales es amplia y compleja; sin ánimo de exhaustividad, algunos objetivos y temas básicos son los siguientes: la renovación de la enseñanza tradicional de la ciencia mediante un nuevo enfoque contextualizado, centrado en los estudiantes, dirigido hacia la alfabetización científica para todos los ciudadanos, la renovación de los currículos escolares introduciendo la tecnología, la sociedad y el medio ambiente (CTSA), la inclusión de la tecnología en la educación científica, la transformación consiguiente del papel del profesor, un nuevo inventario de temas propios y específicos del enfoque CTS (entre ellos los problemas y cuestiones sociales), la educación de actitudes y valores cívicos relacionados con la ciencia, el compromiso con la sostenibilidad medioambiental y las implicaciones de acción para la política, la mejora de la percepción pública de la imagen de la ciencia y la tecnología, el cuestionamiento de creencias y supersticiones relacionadas con la ciencia, las cuestiones de género en la ciencia, la toma de decisiones y regulaciones sociales para el futuro, etc.

Para lograr esos objetivos la educación CTS afrontaba grandes retos: el riesgo de la superficialidad y la hiper-simplificación temática (abusar de la etiqueta CTS sin aportar complejidad ni pensamiento crítico), la falta de profundidad y precisión en los temas (especialmente los medio-ambientales), el adecuado equilibrio educativo entre temas CTS innovadores y conceptos científicos curriculares subyacentes, adaptar los complejos temas CTS a la edad de los estudiantes, tratar como investigación la enseñanza y el desarrollo de currículos CTS (enfoque como secuencias de enseñanza), profundizar la investigación sobre las relaciones C-T-S-A, superar la tensión entre educar para la vida y promover un cambio actitudinal y conductual de los ciudadanos (especialmente hacia el ambiente y la ciencia) sin descuidar el conocimiento.

Algunos trabajos han sistematizado y evaluado los logros del movimiento CTS. Pedretti y Nazir (2011) revisan 40 años de investigación de educación CTS e identifican seis corrientes principales: la corriente de diseño y aplicación, la corriente histórica, la corriente de razonamiento lógico, la corriente centrada en valores, la corriente sociocultural y la corriente de eco-justicia social. Por su parte Bennett, Lubben y Hogarth (2007) hacen una meta-evaluación de los efectos de los enfoques CTS en la enseñanza de la ciencia en secundaria revisando 17 estudios con resultados empíricos bien fundados. Concluyen que la educación CTS, en general, consigue mejorar las actitudes y la motivación hacia la ciencia, mientras la comprensión de los conceptos científicos es comparable a los enfoques tradicionales. Más específicamente, las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas son mejores que las de los alumnos tradicionales y las diferencias de actitudes entre chicos y chicas disminuyen. Además, hay pruebas de que los estudiantes CTS perciben mejor las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, especialmente las chicas tienen mejores actitudes hacia una carrera científica futura y los estudiantes de menor capacidad adquieren actitudes más positivas hacia la ciencia y mejor comprensión de los conceptos que sus homólogos en una clase tradicional.

La evolución del enfoque CTS

El análisis de la literatura sobre didáctica de la ciencia en los últimos años muestra que la etiqueta CTSA ha ido desapareciendo progresivamente, al tiempo que han ido surgiendo nuevas etiquetas o lemas, cuyos contenidos retoman los temas más genuinamente CTSA (Aikenhead, 2006). Entre ellos, destacamos el concepto de alfabetización científica y tecnológica, los enfoques humanísticos, los temas socio-científicos o temas sociales agudos de carácter científico, la educación ambiental y la naturaleza de la ciencia. Cada uno de ellos contiene aspectos genuinos del movimiento CTSA, y por ello es obvio considerarlos herederos del enfoque CTSA. Cada uno de estos nuevos lemas es más concreto que el enfoque CTSA original, lo cual les ha permitido obviar algunas dificultades asociadas a la excesiva diversidad y complejidad de CTSA y progresar en la investigación con más facilidad en un campo mejor definido.

Dos artículos paradigmáticos ejemplifican bien esta transición entre CTSA y sus lemas herederos. En 2003 Glen Aikenhead, desde el propio título, ya plan-

teaba la tesis que lo importante de la educación CTS eran sus aportaciones innovadoras, con independencia de las discusiones académicas sobre la definición del movimiento CTSA o el contenido exacto y real del movimiento CTS. En 2005 Dana Zeidler y colegas (2005) publicaron un artículo, también de título bien expresivo (más allá de CTS) donde critican al movimiento CTS por su incapacidad para penetrar en la educación real (libros de texto y formación del profesorado) y reivindican un estatus propio y específico para una nueva corriente (temas socio-científicos) cuyos hechos distintivos respecto a CTS (según ellos) son la relevancia social y el desarrollo de argumentación, pensamiento crítico y educación moral de los estudiantes.

Un modelo comprensivo sobre las relaciones CTSA

La comprensión de los temas de CTSA requiere una innovación profunda de la enseñanza de la CyT en las aulas porque su estatus epistémico es diferente de los meros conocimientos de la CyT (hechos, conceptos, leyes y teorías). La razón fundamental que justifica un enfoque metodológico innovador reside en que los temas de CTSA son meta-conocimientos, es decir, conocimientos sobre el conocimiento (¿cómo valida la ciencia los conocimientos que construye?). Desde la perspectiva cognitiva, el estatus de meta-conocimientos de los temas CTSA es claro: los temas de epistemología (¿cómo se justifican y validan las afirmaciones de conocimiento?) son los ejemplos más obvios, pues etimológicamente, epistemología es la ciencia del conocimiento (filosofar sobre el conocimiento mismo), es decir, meta-conocimiento (Adúriz, 2006). Sin embargo, este estatus no es bien reconocido por investigadores o profesores de ciencias, de modo que teorizar para justificar que los rasgos de CTSA son meta-conocimientos resulta significativo por las importantes implicaciones que tiene para innovar la enseñanza de CyT, dar sentido trascendente a los aprendizajes de CyT y concienciar al profesorado sobre su propia formación.

Desde la perspectiva de la educación CTSA y la mentalidad realista de muchos profesores, la metáfora de los tres mundos de Popper (1972) aporta un modelo teórico cuya elaboración, desarrollada abajo, permite justificar el estatus de meta-conocimiento de los rasgos de CTSA. Popper postula tres mundos, separados, pero relacionados entre sí: el mundo físico de los

objetos materiales (M1), el mundo 2 (M2) de la mente y pensamiento humano (cogniciones y estados mentales) y el mundo 3 (M3) del conocimiento (objetivo) creado (ideas, teorías científicas, arte, problemas, argumentos, libros, etc.). El M2 crea los entes independientes y externos del M3 a partir de la conciencia y percepción humana del M1, y, por tanto, es el enlace natural entre M1 y M3.

Hodson (2008) denomina a M2 el “mundo de la práctica científica” (el pensamiento subjetivo de los científicos que investigan M1) y a M3 le llama “mundo del conocimiento científico y tecnológico”, aunque no necesariamente objetivo (artefactos, ideas y teorías científicas y tecnológicas). El M1 determina la organización de la práctica científica (M2), a cuyo través se convierte en conocimiento científico y tecnológico (M3); a su vez, el desarrollo y refinamiento del conocimiento científico y tecnológico (M3) configura y determina nuevas prácticas científicas, y estas a su vez, impactan en el mundo natural (M1) a través de nuevas observaciones y experimentos.

En la práctica, M2 y M3 sostienen una interacción tan profunda y permanente que al lego le resulta difícil distinguir entre ambos. Además de los estados mentales subjetivos del científico, M2 contiene todo un complejo mundo de interacciones entre la comunidad científica y la sociedad entera, de modo que la distinción entre conocimiento objetivo (M3) y conocimiento subjetivo (M2) se hace más difusa. Esta crítica, un poco más elaborada, es punto de partida del modelo meta-teórico propuesto: M2 y M3 constituyen una auténtica comunidad de prácticas, integradas, a la vez, por conocimientos y estados mentales, actores individuales y colectivos, que tejen un complejo sistema sobre una tupida red de relaciones e interacciones mutuas entre actores y conocimientos. El estudio del comportamiento de este macro-mundo de la comunidad de prácticas genera un conjunto de meta-conocimientos (conocimientos, estados mentales y actores), que conocen como CTSA (figura 1).

El conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico constituye un nuevo mundo (M4) – el mundo del meta-conocimiento científico – que depende de la actividad desarrollada y de los conocimientos generados en la comunidad de prácticas, es decir, en los mundos 2 y 3. Científicos, historiadores, sociólogos, filósofos, psicólogos, educadores, etc. hacen un meta-análisis del conocimiento científico-tecnológico (M3), de la actividad en M2,

del impacto sobre M1 y de las interacciones M2-M3 que genera y conforma los meta-conocimientos sobre CyT que forman M4. Este constituye una nueva forma

de conocimiento crítico que es realimentado, informado, influido y transformado continuamente por las actividades de la comunidad de prácticas.

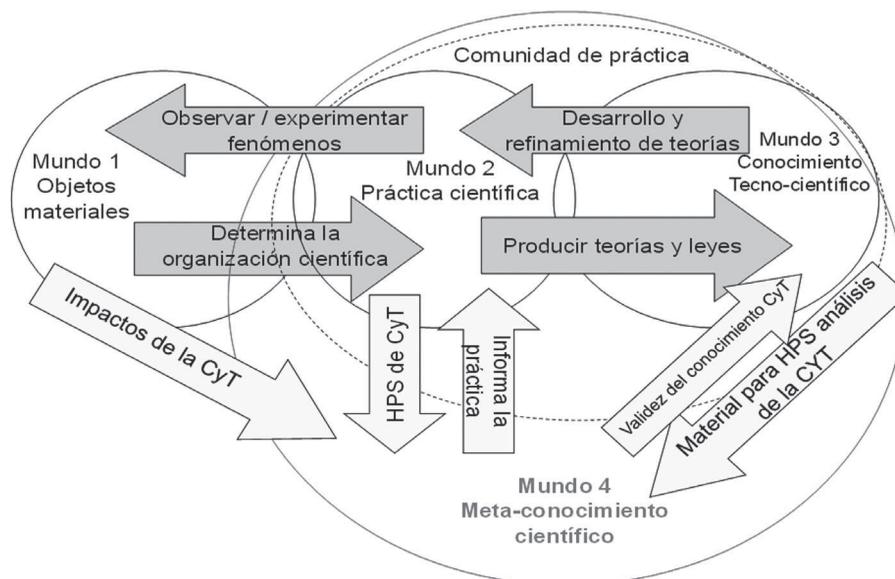


Figura 1. Modelo meta-teórico, basado en los tres mundos de Popper, que describe e incluye los meta-conocimientos CTS sobre la comunidad de prácticas como una síntesis (mundo 4).

La educación científica puede considerarse un subsistema de la comunidad de prácticas, sobre el cual la realimentación del mundo 4 plantea una propuesta innovadora para incluir los meta-conocimientos propios de los rasgos de la CTSA como contenidos de enseñanza del currículo científico escolar. Los contenidos de las flechas gruesas de la figura 1 sintetizan los diferentes meta-conocimientos de CTSA que la investigación didáctica ha contribuido a caracterizar y enseñar (McComas, 1998; Vázquez y Manassero, 2012).

En consecuencia, para los contenidos de los epígrafes siguientes acerca de la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y la formación de los docentes CTS se atenderá a las aportaciones provenientes de la investigación en todos los nuevos lemas actuales, que desarrollan y realizan las propuestas novedosas sobre estas cuestiones.

La enseñanza en el enfoque CTS

La enseñanza es una actividad intencional desarrollada por profesionales docentes, cuya finalidad es que los estudiantes aprendan. Las actividades de enseñanza

se refieren a las conductas de cada profesor individual y al conjunto de procesos interactivos del profesor con los estudiantes, que obedecen a estrategias y programas planificados y ejecutados por el profesor. Algunos de los procesos de enseñanza son observables (por ejemplo, la conducta del profesor o de los alumnos), pero otros son internos e inobservables (las creencias del profesor o el procesamiento cognitivo de los estudiantes).

A lo largo de la historia han existido diversos modelos y teorías sobre la enseñanza, que han sugerido diversas prescripciones acerca de los procesos más importantes y eficaces para aprender. Las teorías conductistas, las explícitas e implícitas, las del desarrollo cognitivo, las del procesamiento de la información o las socio-psicológicas son algunas de las más importantes (Anderson, 1995). Entre los modelos de enseñanza se citan la instrucción directa, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje por descubrimiento, la instrucción personalizada, el aprendizaje de dominio, la instrucción en el laboratorio y la enseñanza reflexiva. Por su interés para la educación CTS se describen las teorías explícitas y la enseñanza reflexiva.

La enseñanza explícita tiene como objetivo que los estudiantes elaboren sus ideas previas, añadiendo a ellas los hechos, conceptos principios, destrezas y otras formas de conocimiento (Winne, 1995). Los hitos de la enseñanza explícita son: la explicación e identificación por los estudiantes de los objetivos de la enseñanza, que puede ser útil para supervisar su progreso y guiar su procesamiento de la información; después sigue una revisión de los conocimientos que son requisitos para que el estudiante pueda reunir y elaborar las estructuras de la información que unen las ideas previas con la nueva información presentada. Los nuevos contenidos se presentan en pasos pequeños, para evitar la sobrecarga de la memoria a corto plazo de los estudiantes, e implican explicaciones y demostraciones de reglas; típicamente, las actividades de los estudiantes suponen responder preguntas que implican recuperar y aplicar información o resolver un problema y procesar información. Tras una presentación, los estudiantes trabajan individualmente o en pequeños grupos sobre ejercicios que implican recuperar y aplicar la nueva información presentada. El profesor provee ayuda de andamiaje y realimentación sobre las necesidades y errores de los estudiantes, que se debe hacer gradualmente mayor a medida que las tareas se aproximan a la zona de desarrollo próximo de los estudiantes o aumentan las demandas; el profesor retira el andamiaje a medida que los estudiantes progresan y desarrollan automatismos. Finalmente, se añade más práctica para que los estudiantes transfieran la información y el aprendizaje a tareas más complejas y a otros contextos diferentes.

La enseñanza de CTSA es compleja por ser una innovación, pero también por la cantidad de factores cruzados intervinientes que impiden, limitan o facilitan la eficacia de los diferentes métodos de enseñanza de CTSA. En particular, el carácter de meta-conocimientos de sus contenidos requiere una metodología de enseñanza que implica las funciones más altas del pensamiento (reflexión, discusión, análisis, síntesis, pensamiento crítico, argumentación, toma de decisiones, evaluación, etc.). Por ello, el desarrollo del currículo CTSA en el aula a través de una enseñanza eficaz es otro aspecto central de la investigación, que han meta-evaluado Deng y colegas (2011); concluyen que la enseñanza de temas CTSA emplea los siguientes contextos: actividades prácticas de investigación, casos de historia de CyT, cuestiones tecno-científicas de interés social, cursos específicos sobre métodos y filosofía de CyT o impregnación de contenidos tradi-

cionales de CyT con contenidos de CTSA. Los resultados de estos estudios sugieren que los denominados enfoques explícitos parecen ser los más efectivos y proponen dos condiciones clave para la eficacia de la enseñanza explícita:

1. El tratamiento intencional y planificado de los contenidos de la enseñanza CTSA por el profesor (objetivos, criterios, actividades, evaluación), como opuesto al tratamiento implícito, indirecto, no intencional o no planificado, y
2. La realización de actividades meta-cognitivas de auto-reflexión sobre CTSA por los estudiantes, donde los estudiantes tienen la oportunidad de pensar sobre su propio trabajo, lo que hacen y por qué razón lo hacen, comparar y discutir su enfoque con otros estudiantes o con el trabajo de los científicos, y debatir, argumentar y tomar decisiones sobre estas cuestiones.

La primera condición (explícita) se analizó en párrafos anteriores y la segunda se desarrolla en el epígrafe siguiente sobre aprendizajes y en las conclusiones.

El aprendizaje en el enfoque CTS

El constructo aprendizaje carece hoy de una única teoría comprensiva; se admiten varias y con distinta proyección, según el contexto, y una serie de paradigmas básicos juegan un papel decisivo y son ampliamente aceptados. Desde la perspectiva personal, los estudiantes se consideran agentes activos (no pasivos), cuyos conocimientos previos, estilos cognitivos, memoria, inteligencias, aspiraciones, motivaciones y disposiciones afectivas y emocionales determinan su actividad y aprendizaje. Desde la perspectiva externa, las percepciones de la educación, los procesos cognitivos, la atención, los hábitos y estrategias de estudio y los roles y relaciones sociales son otros paradigmas influyentes también en el aprendizaje.

El modelo de procesamiento de la información incluye estas características y las funciones que cumplen (figura 2). Los sucesos, observaciones o instrucciones externas son percibidas a través de los sentidos en un proceso interpretativo que activa filtros perceptivos, que tamizan la información y determinan la que se almacena primero en la memoria de trabajo y después en la memoria a largo plazo (aprendizaje), la cual, a su vez, realimenta los filtros.

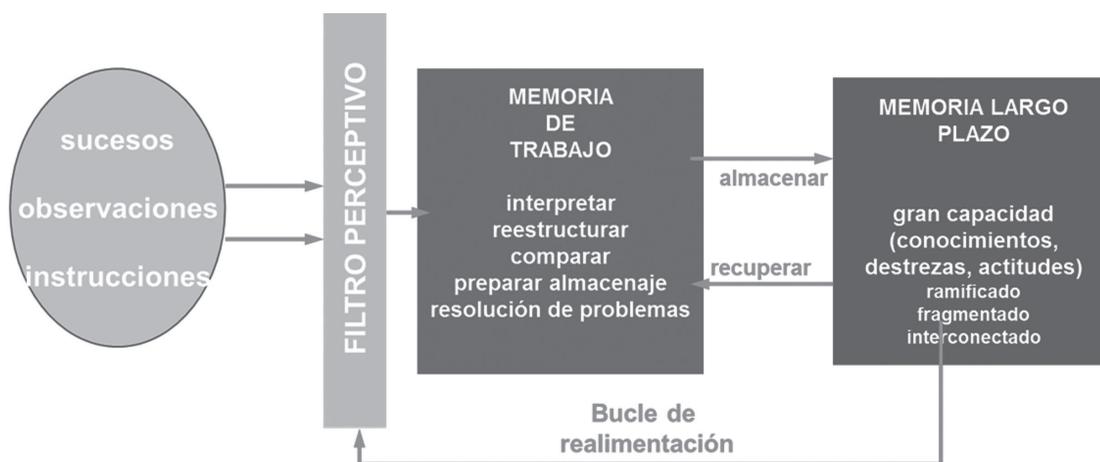


Figura 2. El modelo del aprendizaje como procesamiento de la información.

Desde hace años, la neurofisiología (Damasio, 2006), la psicología cognitiva (Kahneman, 2012) y la psicología social (Petty y Wegener, 1998) aceptan que la mente humana procesa la información (aprende) a través de dos modos de pensamiento básicos, paralelos, superpuestos e interactivos, que condicionan el aprendizaje y la conducta y cuya descripción es sorprendentemente parecida entre ellos. Por un lado, un modo superficial, rápido, automático, sin apenas esfuerzo y control voluntario, propenso a los sesgos, las ilusiones y los errores sistemáticos genera las impresiones y sentimientos; por otro lado, otro proceso mental esforzado y lento, que representa el pensamiento abstracto e hipotético, los cálculos complejos y las decisiones de actuar, elegir y concentrarse. Ambos sistemas están activos en una persona despierta y la división del trabajo entre ellos es muy eficiente, minimizando el esfuerzo y optimizando la ejecución. El protagonista continuo es el primero, siempre activado y haciendo propuestas al segundo; cuando el primero encuentra una dificultad, se dispara el segundo para resolver el problema más difícil por vías más detalladas y precisas.

Los aprendizajes CTSA son complejos porque tratan meta-conocimientos que van más allá de una pura memorización (la ciencia es X) para requerir procesos críticos de reflexión y convicción (la ciencia es X, pero también es Y... y en determinadas situaciones podría ser Z, etc.). Pensamiento crítico y pensamiento reflexivo se utilizan, a veces, como sinónimos, pero hay matices diferenciales. El pensamiento crítico se utiliza para describir habilidades cognitivas o estrategias que aumentan la probabilidad de un resultado deseado.

La reflexión es la parte del pensamiento crítico, específicamente referida a procesos de análisis y juicio sobre algo que ha sucedido o una afirmación de conocimiento, de los motivos que los apoyan y las nuevas conclusiones que implican o se deducen. En resumen, el pensamiento crítico implica una amplia gama de habilidades para lograr resultados deseados (decidir qué hacer o qué pensar) y el pensamiento reflexivo se centra en el proceso de elaborar los juicios sobre lo que ha sucedido. En situaciones de aprendizaje, la participación de los estudiantes en actividades reflexiva les permite, además, conocer y controlar su aprendizaje (evaluar qué saben, qué necesitan saber y cómo lograrlo). El pensamiento reflexivo impulsa el aprendizaje en situaciones de resolución de problemas complejos (los temas CTSA), ya que ofrece a los estudiantes la oportunidad de pensar sobre la forma y las estrategias para resolver problemas (se desarrolla en las conclusiones).

La evaluación de los temas CTSA

Etimológicamente, evaluar consiste en asignar un valor a un objeto. Se puede evaluar resultados (paradigma cuantitativo), procesos (paradigma cualitativo) o contextos (paradigma crítico), según que el objeto evaluado sea un producto tangible acabado o un proceso o un contexto de elaboración del resultado. Concretamente, evaluar requiere dos operaciones básicas:

1. Definir el objeto, que a su vez implica decidir lo que se quiere evaluar (y lo que no), establecer y seleccionar los indicadores, diseñar un método de recoger las evidencias y ejecutar la recogida de las evidencias.

2. Asignar valor al objeto, que implica interpretar las evidencias, elaborar un juicio, codificar el juicio, comunicar el juicio y tomar decisiones para la acción de realimentar la mejora del sistema.

En suma, evaluar es un proceso de búsqueda de información acerca del objeto evaluado, para emitir un juicio de valor sobre el mismo, que forma parte integral de la educación, y proporciona información relevante sobre la eficacia de la enseñanza y el grado de consecución de los objetivos educativos, con un fin formativo o de mejora, es decir, aplicar medidas correctoras para perfeccionar todos los ámbitos de la educación (resultados, procesos y contextos).

La evaluación educativa de los innovadores temas CTS es uno de sus grandes retos pendientes debido, por un lado, a la variedad de objetos de evaluación que plantea el enfoque CTS (actitudes, conocimientos, destrezas y procesos como razonar, analizar, argumentar, tomar decisiones), y por otro, porque los especialistas han dado pocas soluciones a este reto. Solomon (Solomon y Aikenhead, 1994:188) plantea la importancia de la evaluación en CTS pero lo deja sin resolver, aunque sugiere métodos pre- y post- tests, calificación de exámenes y evaluación de valores, proponiendo más in-

vestigación para ampliar el abanico de metodologías de evaluación. Por su parte, Altschuld y Kumar (Kumar y Chubin, 2000, p. 121-140) plantean la evaluación desde la perspectiva de rendición de cuentas sobre la eficacia de los programas CTS (justificar la inversión). Sobre la evaluación de los aprendizajes CTSA en el aula, simplemente manifiestan su acuerdo con el uso de una variedad de instrumentos (pruebas, trabajos, ejecuciones y portafolios), al tiempo que ya anticipan el problema (real) de obtener resultados contradictorios entre ellos.

Aikenhead y Ryan (1992) desarrollaron empíricamente un banco de ítems estandarizados de elecciones múltiples y papel y lápiz (VOSTS), cuyo desarrollo en español hemos denominado COCTS (Bennassar et al., 2010). El COCTS amplía el método de respuesta del VOSTS, produce indicadores robustos y estandarizados, cuantitativos y cualitativos, de la comprensión de los temas CTSA por los evaluados. Además, la existencia de numerosos ítems en el banco permite seleccionar conjuntos de ítems a medida de las necesidades de evaluación. Todo ello hace del COCTS un instrumento especialmente flexible para un uso personalizado por los profesores en el aula. Además, la estructura de organización del COCTS ofrece una valiosa taxonomía para un mapeo completo el campo CTSA (tabla 1).

Tabla 1. Taxonomía de los temas ciencia-tecnología-sociedad-ambiente.

TEMAS	SUBTEMAS
DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
1. Ciencia y Tecnología	01. Ciencia; 02. Tecnología; 03. I+D; 04. Interdependencia.
SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA	
2. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/Tecnología	01. Gobierno; 02. Industria; 03. Ejército; 04. Ética; 05. Instituciones educativas; 06. Grupos de presión; 07. Influencia sobre científicos; 08. Influencia general.
4. Influencia de Ciencia/Tecnología sobre la Sociedad	01. Responsabilidad social; 02. Decisiones sociales; 03. Problemas sociales; 04. Resolución de problemas; 05. Bienestar económico; 06. Contribución al poder militar; 07. Contribución al pensamiento social; 08. Influencia general.
5. Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad	01. Unión de las dos culturas; 02. Fortalecimiento social; 03. Caracterización escolar de la ciencia.
SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA	
6. Características de los científicos	01. Motivaciones; 02. Valores y normas; 03. Ideologías; 04. Capacidades; 05. Efecto del género; 06. Infrarrepresentación de las mujeres.
7. Construcción social del conocimiento científico	01. Colectivización; 02. Decisiones científicas; 03. Comunicación profesional; 04. Competencia profesional; 05. Interacciones sociales; 06. Influencia de individuos; 07. Influencia nacional; 08. Ciencia pública vs. privada.
8. Construcción social de la Tecnología	01. Decisiones tecnológicas; 02. Tecnología autónoma.
EPISTEMOLOGÍA	
9. Naturaleza del conocimiento científico	01. Observaciones; 02. Modelos científicos; 03. Esquemas de clasificación; 04. Provisionalidad; 05. Hipótesis, teorías y leyes; 06. Aproximación a las investigaciones; 07. Precisión e incertidumbre; 08. Razonamiento lógico; 09. Supuestos de la ciencia; 10. Estatus epistemológico; 11. Paradigmas vs. coherencia de conceptos.

Dentro de la línea de naturaleza de la ciencia también se han generado otros instrumentos de evaluación en el marco del paradigma cualitativo (Lederman, 2007). Además son aplicables a los temas CTS otros métodos de evaluación de ejecuciones como mapas conceptuales, listas de chequeo y rúbricas.

Finalmente, el tema de la evaluación plantea el transversal tema de las progresiones de aprendizaje y la adaptación evolutiva a la edad de los estudiantes de los temas CTS. En particular, la formación de docentes debería ser el estadio superior de aprendizaje de temas CTS (Abd-El-Khalick, 2012). En la escuela elemental, los temas CTS deben ser aproblemáticos y simples, relacionados con observaciones, datos, evidencias y las relaciones generales CTS y los científicos; en la etapa pre-universitaria, inferencias, métodos, impactos CTS y comunidad científica; en estudios superiores y formación de docentes se deberían abordar los temas CTS más complejos y problemáticos, como la infra-determinación de teorías por

datos, temas socio-científicos, implicaciones éticas, validación, competencia científica, fraudes, etc.

La formación de educadores CTS

Un profesor es un educador cuya profesionalidad viene determinada por la adquisición de determinadas competencias apropiadas para ejercer la enseñanza. Aunque existe una amplia literatura sobre competencias propias del profesor, por su carácter sintético y unificador, se cita aquí la taxonomía de competencias genéricas propuesta por la Unión Europea, que comprende doce competencias. Obviamente, éstas deben acomodarse a los distintos contextos y a las distintas formas y estilos de enseñanza; en concreto, los objetivos y retos propios de la educación CTS, también contribuyen a desarrollar y enfatizar los rasgos y roles propios de un profesor CTS. La tabla 2 enfatiza las competencias específicas deseables para un educador CTS como desarrollo de las competencias genéricas del profesorado.

Tabla 2. **Taxonomía de competencias profesionales del profesorado.**

Competencias genéricas	Competencias específicas CTS
Evidenciar cultura y dominio de las disciplinas de docencia	<p>Dominar y seleccionar los tópicos relevantes de enseñanza CTS. Potenciar la aplicación de los conocimientos al mundo real.</p> <p>Dedicar tiempo para discutir y evaluar esas aplicaciones.</p> <p>Evidenciar los impactos y las limitaciones de la ciencia y la tecnología para resolver los complejos problemas sociales.</p>
Dominar la lengua de docencia en la forma oral y en la escrita	<p>Promover la interacción y la comunicación comprensiva en el aula.</p> <p>Desarrollar la capacidad lingüística para la argumentación.</p>
Crear y planificar situaciones de docencia y de aprendizaje	<p>Dedicar tiempo suficiente a planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la programación de aula.</p>
Aplicar las situaciones de enseñanza-aprendizaje	<p>Aplicar flexiblemente el currículo y la programación.</p> <p>Integrar con armonía los temas CTS en el aprendizaje científico.</p>
Evaluar la progresión de los aprendizajes	<p>Evaluar a los estudiantes con variedad de instrumentos.</p> <p>Evaluar la enseñanza practicada para mejorarla.</p>
Gestionar la clase	<p>Proporcionar un “clima” acogedor afectivamente y estimulante intelectualmente.</p> <p>Ayudar a que los estudiantes sean participativos y creativos.</p> <p>Suscitar temas, debates, diálogos y preguntas interesantes.</p> <p>Animar el planteo de preguntas, temas de investigación, nuevas ideas y buscar respuestas, incluso fuera del aula de ciencias.</p> <p>Pedir siempre argumentos para sostener las ideas.</p>
Adaptar la enseñanza a las características de los alumnos (atención a la diversidad)	<p>Mantener altas las expectativas sobre los logros de sus alumnos.</p> <p>Apoyar y potenciar las iniciativas de éstos.</p> <p>Hacer ver a los alumnos la utilidad de la ciencia y la tecnología.</p> <p>Fomentar autoestima y altas expectativas en los estudiantes, respecto a sus propias habilidades, para utilizarlas y tener éxito.</p> <p>Propiciar las decisiones y acciones de los estudiantes, cuando sea necesario y adecuado.</p>

Continuación. Tabla 2. **Taxonomía de competencias profesionales del profesorado.**

Competencias genéricas	Competencias específicas CTS
Integrar las tecnologías de la información y la comunicación en las actividades de enseñanza y aprendizaje	Utilizar una amplia variedad de recursos, personas de la comunidad y redes sociales TIC. Fomentar el uso de TIC como herramientas de información. Estudiar las TIC como contenido CTS clave del siglo XXI.
Trabajar en equipo con el profesorado de la escuela	Aprender junto a sus compañeros y con sus alumnos. Desarrollar proyectos colaborativos interdisciplinarios.
Colaborar con la dirección pedagógica	Abrir el aula: el aprendizaje trasciende las paredes del aula. Integrar la enseñanza CTS en la organización escolar.
Participar en el desarrollo profesional continuo	Aprender nuevas ideas, habilidades y acciones, incluyendo tanto las que provienen de indagar activamente en la psicopedagogía de la disciplina como de la actualidad científica-tecnológica.
Comportarse con ética profesional	Educar para la vida y para vivir. Desarrollar desde CTS la formación moral y cívica de los alumnos.

Los estudios sobre las creencias CTS de los profesores (Bennassar *et al.*, 2010) muestran indefectiblemente un perfil tradicional y un desconocimiento alarmante del docente sobre temas CTSA, por lo que la formación debe incluir estos temas explícitamente y orientarse al cambio conceptual y actitudinal. Los perfiles de competencias ofrecen un marco idóneo para plantear la formación de los docentes CTS pues muestran la necesidad de un cambio de paradigma.

El otro gran componente innovador de la formación docente es la atención al conocimiento didáctico del contenido (CDC), por su flexibilidad para usarse tanto en la formación inicial como en la formación continua de docentes. El concepto de CDC combina conocimientos de la materia CTS (conocimiento sintáctico y substantivo), conocimientos didácticos generales (instrucción, gestión de aula, evaluación y aprendizaje) y conocimiento del contexto educativo (estudiantes, escuela, comunidad y sociedad) para construir un nuevo conocimiento práctico (CDC) que integra conocimiento de enseñanza, currículo, aprendices, estrategias de enseñanza y evaluación. Un amplio dominio del CDC para CTS aumenta la probabilidad de que se lleve a cabo una enseñanza eficaz de los temas CTS. Loughran, Berry y Mulhall (2012) han propuesto un modelo operativo para representar el CDC de los profesores a través de dos instrumentos denominados Representación de Contenidos (ReCo) y Repertorio de Experiencia Profesional y Didáctica (Rex-PyD) que han sido adaptados al español por el autor (Vázquez y Rodríguez, en prensa 2014).

Conclusiones

La investigación desarrollada en la última década en las nuevas áreas donde se ha transmutado el lema CTSA permite diagnosticar las dos dificultades básicas para la implantación eficaz de los temas CTSA en la educación:

1. La novedad de los temas CTSA no ha trascendido a la formación inicial para la mayoría de los profesores, aunque ya muchos currículos nacionales los incluyen y numerosos materiales adaptados están disponibles.
2. Las destrezas cognitivas de alto nivel implicadas en muchos aprendizajes CTSA relevantes (creatividad, espíritu crítico, argumentación, toma de decisiones, discusiones, etc.) requieren una insistencia y progresión en la enseñanza para todos de estas destrezas desde la escuela elemental.

Los temas CTSA tienen una naturaleza meta-cognitiva, de modo que su enseñanza y aprendizaje requieren desarrollar los procesos de reflexión y razonamiento necesarios para afrontar estos aprendizajes de alto nivel (resolver problemas abiertos, cuya resolución no es automática ni está prefijada). La enseñanza y el aprendizaje de la meta-cognición se basa en algunos principios bien conocidos (tabla 3) que se pueden trasladar a otras tantas propuestas para la formación de docentes (Simons, 1995).

Tabla 3. Principios del aprendizaje de la meta-cognición.

Principio	Definición
Proceso	Se aprenden destrezas y procesos más que resultados.
Reflexión	Ayudar a los estudiantes a ser conscientes de sus estrategias de aprendizaje, destrezas de autorregulación y las relaciones con los objetivos de aprendizaje.
Afectividad	La interacción de los componentes cognitivos, metacognitivos y afectivos es central.
Funcionalidad	Hacer conscientes a los estudiantes del uso y función del conocimiento y destrezas.
Transferencia	Luchar por transferir y generalizar, sin esperar a que esto ocurra por sí mismo.
Contexto	Ofrecer el contexto para practicar las destrezas metacognitivas con tiempo y regularidad suficiente.
Auto-diagnos	Enseñar a los estudiantes a regular, diagnosticar y revisar su propio aprendizaje.
Actividad	Las actividades deberían tener un equilibrio óptimo entre cantidad y calidad.
Andamiaje	La responsabilidad del aprendizaje se desplaza gradualmente hacia el aprendiz.
Supervisión	Solicitar ayuda para supervisar el aprendizaje autorregulado a otros (como pares).
Cooperación	La cooperación y la discusión entre los estudiantes es necesaria.
Objetivos	Enfatizar los objetivos de aprendizaje de alto nivel cognitivo.
Pre-concepciones	Se aprende algo nuevo cuando se ancla al conocimiento en las preconcepciones ya existentes.
Adaptación	La instrucción debe adaptarse a las concepciones actuales de los estudiantes.

La enseñanza reflexiva es aquella que permite aprendizajes meta-cognitivos a través del desarrollo de procesos de análisis crítico, destrezas de razonamiento lógico, juicio sensato y actitudes favorables a la reflexión. En sentido amplio, reflexión significa dar importancia a la necesidad de comprender y resolver contradicciones, tratando de determinar la racionalidad y justificación de ideas y acciones, para desarrollar una nueva comprensión o apreciación de un fenómeno. Los contextos que permiten estructurar las clases para impulsar y apoyar el pensamiento reflexivo y crítico de los estudiantes son los siguientes:

1. Aportar un ambiente de apoyo emocional en el aula que fomente la reevaluación de conclusiones.
2. Facilitar tiempo suficiente a los estudiantes para responder preguntas.
3. Revisar la situación de aprendizaje (lo que se conoce, lo que no se conoce y lo que se ha aprendido).
4. Proveer un ambiente abierto o menos estructurado para incitar a los estudiantes a explorar lo que consideren importante.
5. Construir entornos de aprendizaje social (trabajos y actividades en grupos pequeños) para que los estudiantes afronten otros puntos de vista.

6. Proporcionar oportunidades para involucrar a los estudiantes en la recopilación de información para buscar causas y soluciones.
7. Proporcionar ideas y hojas de actividades para ayudar a los estudiantes a evaluar las pruebas que se reúnen.
8. Proporcionar oportunidades de elegir e implementar la mejor alternativa.
9. Animar a vigilar y reevaluar los resultados y conclusiones a lo largo de todo el aprendizaje.
10. Dar sugerencias de andamiaje gradual mediante recursos y hojas de actividades que promuevan la investigación, la curiosidad, la exploración y los procesos de meta-cognición (lo que saben, lo que han aprendido, lo que necesitan saber).

Las técnicas y actividades de aprendizaje típicas que contribuyen a estimular el pensamiento reflexivo, también idóneas para la formación del profesorado, son:

1. Analizar, discutir y debatir problemas, casos y situaciones, históricos, actuales o ideados, que plantean datos abiertos o mal estructurados.

2. Plantear preguntas para identificar y clarificar razones, evidencias, alternativas y consecuencias de sus ideas.
3. Plantear preguntas y actividades para sacar conclusiones de las pruebas que se reunieron y plantear soluciones y decisiones.
4. Aportar algunas explicaciones para orientar los procesos de pensamiento de los estudiantes durante las exploraciones.
5. Escribir un diario sobre razones a favor y debilidades de sus propias posiciones, así como tomar conciencia de las posiciones opuestas.
6. Realimentar a los estudiantes con sus propias respuestas a escalas de evaluación para que reflexionen sobre su propio pensamiento.
7. Construir consensos sobre casos y situaciones.
8. Representación de papeles (*role-playing*) sobre casos y situaciones.

El perenne objetivo de enseñar acerca de la ciencia (CTSA) implica enseñar a practicar el pensamiento científico (tan similar al pensamiento crítico). Por ello, la formación de docentes se debe orientar a formar las destrezas de alto nivel, también propias de la ciencia, como un instrumento para entender mejor la ciencia y, a la vez, lograr que la educación científica contribuya al desarrollo cognitivo general de los estudiantes. Las secuencias de enseñanza del proyecto EANCYT son ejemplos e instrumentos que ilustran resultados de aprendizaje aplicando los principios y estrategias de reflexión a la enseñanza, aprendizaje, evaluación y formación docente (Manassero *et al.*, 2013).

La enseñanza CTS en estrategias de pensamiento crítico, reflexión y meta-cognición requeriría que los docentes hubieran adquirido ya esas destrezas, un objetivo idealista en la educación actual, por su ausencia manifiesta, pues requeriría formación continuada desde la infancia. La naturaleza meta-cognitiva de los temas CTS y los resultados de la investigación actual sobre las dificultades de su enseñanza, aprendizaje y evaluación sugieren la imperiosa necesidad de desarrollar las destrezas cognitivas de alto nivel (espíritu crítico, meta-cognición y reflexión), lo cual requiere el inicio gradual y progresivo de todos los estudiantes, desde edades tempranas. En consecuencia, la formación de docentes no solo debe centrarse en el conocimiento del CDC sobre CTSA, enfatizado des-

de siempre, sino también en desarrollar las destrezas cognitivas en docentes para que puedan enseñar esas estrategias a sus estudiantes.

Referencias

ABD-EL-KHALICK, Fouad (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B.J. FRASER, K. G. TOBIN y C. J. MCROBBIE (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*, (pp. 1041-1062). Dordrecht: Springer.

ADÚRIZ, Agustín (2006). «La epistemología en la formación de profesores de ciencias». *Revista Educación y Pedagogía*, XVIII (45), 25-36.

AIKENHEAD, Glen S. (2003). STS education: A rose by any other name. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). New York, NY: Routledge Press.

Aikenhead, Glen S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York, NY: Teachers College, Columbia University.

AIKENHEAD, Glen S. y ryan, Alan G. (1992). «The development of a new instrument: Views on science-technology-society (VOSTS)». *Science Education*, 76, 477-491.

ANDERSON, Lorin W. (Ed.) (1995) *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*. Oxford: Pergamon Press.

BENNÁSSAR, Antonio et ál. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. En www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf

BENNETT, Judith; lubben, Fred y hogarth, Sylvia (2007). «Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching». *Science Education*, 91(3), 347-370.

DAMASIO, Antonio (2006). *En busca de Spinoza*. Barcelona: Crítica Grijalbo.

- DENG, Feng et ál. (2011). «Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research». *Science Education*, 95, 961-999.
- HODSON, Derek (2008). *Towards Scientific Literacy*. Rotterdam: Sense Publishers.
- KAHNEMAN, Daniel (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Madrid: Debate.
- KUMAR, David D. y CHUBIN, Daryl I. (Eds.) (2000). *Science, Technology and Society: A Sourcebook on Research and Practice*. New York: Kluwer Publishers.
- LEDERMAN, Norman G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell, y N. G. Lederman, (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- LOUGHRAN, John; BERRY, Amanda y MULHALL, Pamela (Eds.) (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- MANASSERO-MAS, María A. et ál. (2013). «Innovar la Educación en Ciencias a través de Enseñar y Aprender acerca de la Naturaleza de Ciencia y Tecnología». *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 2103-2108.
- MCCOMAS, William F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-72). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- PEDRETTI, Erminia y NAZIR, Joanne (2011). «Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on». *Science Education*, 95, 601-626.
- PETTY, Richard E. y WEGENER, Duane T. (1998). Attitude change. En D. Gilbert, S. Fiske, y G. Lindzey (Eds.), *The Handbook of Social Psychology* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- POPPER, Karl (1972). *Objective Knowledge*. Oxford: Oxford University Press.
- SIMONS, P. Robert-Jan. (1995). Metacognitive Strategies: Teaching and Assessing. En L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education* (pp. 481-486). Oxford: Pergamon Press.
- SOLOMON, Joan y AIKENHEAD, Glen S. (Eds.) (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel y MANASSERO-MAS, María A. (2012). «La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-33.
- VÁZQUEZ, Ángel y RODRÍGUEZ, Adriana M. (2014, en prensa). «Formación del profesorado en naturaleza de la ciencia mediante investigación-acción». *Praxis & Saber*.
- WINNE, PHILIP H. (1995). Information Processing Theories of Teaching. En L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education* (pp. 107-112). Oxford: Pergamon Press.
- ZEIDLER, Dana L. et ál. (2005). «Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education». *Science Education*, 89(3), 357-377.



FACULTAD DE EDUCACIÓN

Artículo recibido 4/04/2014. Aprobado: 12/05/2014