



Enseñar a pensar: aprendizaje competencial de temas CTSA

Teaching thinking: Competence learning of STSE issues

María-Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
ma.manassero@uib.es
ORCID 0000-0002-7804-7779

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España
angel.vazquez@uib.es
ORCID 0000-0001-5830-7062

Resumo:

As tendências atuais da educação buscam formar pessoas competentes para trabalhar em equipe, usar diversos instrumentos e ser autônomas. O pensamento crítico é um construto composto de habilidades cognitivas de alto nível, cuja maestria é considerada chave para pensar bem e cuja transversalidade as torna valiosas em múltiplas tarefas. As relações entre o pensamento crítico e as principais competências curriculares e transversais na educação também são evidentes. Na educação científica, as habilidades, valores e características do pensamento científico (raciocínio, argumentação, reconhecimento de evidências, etc.) também mostram uma concomitância direta com as habilidades de pensamento. Além disso, o pensamento científico, por seu caráter aberto e dialético, constitui um contexto apropriado para a formação do pensamento; por sua vez, as habilidades de pensamento desenvolvidas contribuem para melhorar o pensamento científico. Para ensinar o pensamento, os professores devem ser competentes no conhecimento didático do conteúdo necessário para educar as habilidades de pensamento, que reúne e aplica a competência docente dos professores à sua prática educacional, como um elemento de desenvolvimento profissional, e é um indicador da capacidade dos professores para a apropriação de inovações em sala de aula (para educar habilidades de pensamento). Este estudo descreve um projeto que desenvolve métodos e instrumentos para ensinar o pensamento a partir de um contexto de educação científica. Também apresentamos a taxonomia das habilidades de pensamento que orientam o ensino, as quais são aplicadas através de um desenho experimental longitudinal pré-teste / pós-teste com um grupo de controle para avaliar as melhorias das diferentes habilidades envolvidas.

Palavras-chave: pensamento crítico e científico; competências-chave; natureza da ciência; argumentação; conhecimento didático de conteúdo.



Resumen:

Las actuales tendencias de la educación tratan de formar personas competentes para trabajar en equipo, usar instrumentos diversos y ser autónomos. El pensamiento crítico es un constructo formado por destrezas cognitivas de alto nivel, cuyo dominio se considera clave para pensar bien y cuya transversalidad las hace valiosas en múltiples tareas. Las relaciones entre pensamiento crítico y competencias curriculares claves y transversales en educación son también evidentes. En la educación científica, las destrezas, valores y rasgos propios del pensamiento científico (razonar, argumentar, reconocer pruebas, etc.) muestran también una concomitancia directa con las destrezas de pensamiento. Además, el pensamiento científico, por su carácter abierto y dialéctico, constituye un contexto apropiado para la formación del pensamiento; a su vez, las destrezas de pensamiento desarrolladas contribuyen a mejorar el pensamiento científico. Para enseñar a pensar, los profesores deben ser competentes en el conocimiento didáctico del contenido necesario para educar las destrezas de pensamiento, que aglutina y aplica la competencia docente del profesorado a su práctica educativa, como elemento de desarrollo profesional, y es un indicador de la capacidad del profesorado para la apropiación de las innovaciones en el aula (educar destrezas de pensamiento). Este estudio describe un proyecto que desarrolla métodos e instrumentos para enseñar a pensar desde un contexto de enseñanza de ciencias. Se presenta también la taxonomía de destrezas de pensamiento que guía la enseñanza, que se aplican mediante un diseño experimental longitudinal pre-test/post-test con grupo de control para evaluar las mejoras de las diferentes destrezas implicadas.

Palabras clave: Pensamiento crítico y científico; competencias clave; naturaleza de la ciencia; argumentación; conocimiento didáctico del contenido.

Summary:

Current trends in education seek to train competent people to work as a team, use diverse instruments and be autonomous. Critical thinking is a construct made up of high-level cognitive skills, whose mastery is considered key to thinking well and whose transversality makes them valuable in multiple tasks. The relationships between critical thinking and key curricular and transversal competences in education are also evident. In science education, the skills, values and characteristics of scientific thought (reasoning, arguing, recognizing evidence, etc.) also show a direct concomitance with thinking skills. Due to open and dialectical traits, scientific thought constitutes an appropriate context for the formation of thought; in turn, the developed thinking skills contribute to improve scientific thinking. To teach thinking, teachers must be competent on the pedagogical content knowledge necessary to educate thinking skills, which brings together and applies the teachers' competence to their educational practice, as an element of professional development, and is an indicator of the teachers' capacity for the appropriation of innovations in the classroom (to educate thinking skills). This study describes a project that develops methods and instruments to teach thinking from a context of science education. We also present the taxonomy of thinking skills that guide teaching, which are applied through a longitudinal experimental design pre-test / post-test with a control group to evaluate the improvements of the different skills involved.

Keywords: Critical and scientific thinking; key competences; nature of science; argumentation; didactic knowledge of content.



Introducción

La comprensión auténtica de la ciencia por los estudiantes ha sido y es una asignatura pendiente desde hace décadas en la educación científica.

En la segunda mitad del siglo XX, Piaget atribuyó las grandes dificultades de los escolares para comprender las leyes, conceptos y teorías de la ciencia a un factor cognitivo de abstracción: los conceptos científicos tienen un contenido abstracto que impide su comprensión a personas cuya maduración cognitiva sólo les permite operar con conceptos concretos (Piaget & Inhelder, 1977). El paradigma piagetiano fue sustituido por el constructivismo, que propuso la importancia clave de las ideas previas de los aprendices para lograr aprendizaje significativos, dando lugar a una línea de investigación diferente, que sustituyó la orientación cognitiva piagetiana.

En los últimos años, algunas investigaciones didácticas en el área de ciencia, tecnologías, sociedad y ambiente (CTSA) vuelven a apuntar a los elementos cognitivos como factores clave que impiden a los estudiantes lograr una auténtica alfabetización científica (Roberts, 2007). Las investigaciones desarrolladas sobre temas de naturaleza de la ciencia (un componente esencial de la alfabetización científica, al lado de los conceptos) y más específicamente, sobre los denominados temas socio-científicos (cuestiones con relevancia social impregnadas de ciencia y tecnología), además de las investigaciones sobre la argumentación, que constituye otra área de gran desarrollo en la didáctica de la ciencia actual, convergen en apuntar que las dificultades de aprendizaje de los estudiantes surgen de la carencia de las destrezas básicas de pensamiento necesarias para alcanzar los aprendizajes propios de esas áreas (Bennáassar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008; Sadler y Fowler, 2006).

Este estudio presenta algunos resultados preliminares de un proyecto de investigación para implementar el desarrollo de la competencia de pensamiento crítico vinculada a la educación científica para vencer las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de temas "acerca" de la ciencia, o temas CTSA y, en consecuencia, hacer estos aprendizajes más relevantes para todos. A la inversa, los aprendizajes anteriores deben contribuir a mejorar la competencia de pensamiento (Simonneaux, 2014).

Contextualización teórica

Entre las teorías aprendizaje actuales, las teorías del procesamiento de la información sostienen que las personas utilizan dos vías básicas para procesar conocimientos, que son trascendentales para el aprendizaje en general, y para el aprendizaje de las disciplinas concretas como la ciencia en particular (Kahneman, 2012):

- la vía de procesamiento superficial, que es intuitiva, automática y rápida, y apenas requiere elaboración, ni reflexión, y
- la vía de procesamiento profundo, lento, esforzado y reflexivo, que sería la vía correspondiente a las destrezas del pensamiento.



Desde estas teorías del procesamiento de la información, la conclusión para el aprendizaje es directa y clara: sólo la segunda vía, que pone en juego procesos de esfuerzo y reflexión y las destrezas pensamiento, puede producir realmente aprendizaje significativo. A diferencia de las propuestas de otras teorías del aprendizaje, la conclusión a estas teorías es que el desarrollo de las destrezas de pensamiento de alto nivel es crucial para aprender.

La investigación en didáctica de las ciencias sobre el aprendizaje de temas innovadores como la argumentación, la naturaleza de la ciencia (NdC) o los temas socio-científicos también pretende educar a los estudiantes para afrontar los nuevos e inciertos retos planteados al aprendizaje de la ciencia en el contexto de las sociedades actuales del conocimiento y la información (Hodson, 2008). Un lugar común de esa investigación es el análisis de las dificultades de aprendizaje observadas y su atribución reiterada a la carencia de los estudiantes del dominio de las destrezas de pensamiento necesarias para su afrontamiento.

La investigación didáctica sobre argumentación denuncia que, en general, los estudiantes en las aulas de ciencias tienen pocas oportunidades de implicarse en actividades explícitas de argumentación, Jiménez-Aleixandre (2010, p. 39) presenta el pensamiento crítico como la "capacidad de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de reflexionar sobre la sociedad y participar en ella". Otros autores destacan la importancia del pensamiento crítico para cuestionar la validez de los argumentos, rechazar conclusiones no basadas en pruebas válidas, detectar tendencias y errores de pensamiento y evaluar la credibilidad de las fuentes de información (Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins, 2010; Solbes y Torres, 2012).

Cuando se desarrollan actividades de argumentación, muchos estudios informan de idénticos fallos de pensamiento (García-Mila y Andersen, 2008; McDonald y McRobbie, 2012):

- ignorar los datos y las justificaciones,
- introducir inferencias y reinterpretaciones inadecuadas,
- saltar directamente a las conclusiones,
- imposibilidad de evaluar o admitir contraargumentos y pruebas contrarias.

Por otro lado, en el área de las cuestiones sobre naturaleza de la ciencia (NdC), que tratan temas interdisciplinarios ciencia y tecnología desde la perspectiva de la filosofía, la historia, la sociología de la ciencia y otros se llega a parecidas conclusiones. Estos temas son ya complejos por su propio carácter de meta-conocimientos y por la interacción dinámica entre sus múltiples rasgos, que los categoriza como conocimientos condicionales (la ciencia es... pero también es... y en determinadas situaciones podría ser...etc.). Debido a esta complejidad, el éxito de la enseñanza innovadora de NdC depende de diversos factores, pero el estudio de meta-análisis de Deng, Chen, Tsai y Chai (2011) los sintetiza en dos condiciones clave para la eficacia de su enseñanza:

- el carácter explícito de la enseñanza, opuesto a implícito o indirecto, con tratamiento intencional y planificado por el profesor de los contenidos de NdC y
- la realización por los estudiantes de actividades de auto-reflexión (meta-cognitivas).



Las actividades de reflexión, necesarias para la eficacia del enfoque explícito, proyectan demandas cognitivas difíciles, porque requieren apoyo de destrezas de pensamiento.

Otras evidencias acerca de la necesidad de desarrollar las capacidades de pensamiento crítico en los estudiantes surgen en la investigación de los temas tecno-científicos controvertidos y abiertos (controversias socio-científicas, CSC), cuya naturaleza requiere que los estudiantes abandonen el confort del pensamiento superficial y desarrollen el pensamiento crítico en sus diversas destrezas. Desde la investigación en temas socio-científicos se detectan dificultades en el uso del pensamiento por los estudiantes similares a las detectadas en las áreas anteriores. Yager (1993) relacionó el pensamiento crítico con la capacidad de hacer elecciones racionales y juicios fundamentados, como elementos de las decisiones empleadas para resolver problemas de todo tipo, capacidades que también son útiles en la vida diaria de un activo ciudadano medio, aunque no se dedique a ninguna actividad científico-técnica. En particular, el estudio de Simonneaux (2014) concluye que para tomar decisiones informadas sobre temas socio-científicos se requiere el desarrollo de destrezas de pensamiento de alto nivel; esta autora considera importantes las destrezas siguientes: identificación de intereses divergentes, evaluación de riesgos, argumentación, identificación de valores, evaluación de las evidencias. El uso de estas destrezas permitía los estudiantes una toma de decisiones informada y orienta su pensamiento en estas cuestiones, cuya culminación podría ser es el activismo.

La competencia de pensar bien incluye las destrezas siguientes: interpretar, comunicar, analizar, identificar supuestos, reconocer evidencias, razonar, argumentar con pruebas, tomar decisiones, resolver problemas, modelar, teorizar, crear, etc. El pensamiento crítico se describe como un conjunto de destrezas cognitivas de alto nivel, cuya transversalidad respecto a las competencias clave las hace valiosas en múltiples tareas y cuyo dominio se considera esencial para pensar bien. En suma, el primer fundamento es la educación del pensamiento crítico por ser una competencia común a todos los aprendizajes y especialmente a los aprendizajes relacionados con la ciencia (Ford y Yore, 2014).

En el proyecto "Enseñar a pensar", Zohar (2006) pone de manifiesto la importancia de la enseñanza explícita de destrezas de pensamiento crítico en la educación científica, proponiendo la formulación de objetivos cognitivos desde los contenidos de ciencias, formulando cuestiones acerca de los objetivos de pensamiento y estructurando de planes de clase desde esos objetivos de pensamiento. En la educación científica, las destrezas constitutivas del pensamiento crítico y las destrezas, valores y rasgos mencionados como propios del pensamiento científico en los currículos escolares de ciencias (comparar, analizar, razonar, argumentar, reconocer pruebas, validar conocimiento, etc.) muestran una concomitancia natural y evidente.

La literatura ofrece conceptualizaciones diversas acerca del pensamiento científico, aunque la concepción de pensamiento científico como coordinación entre explicaciones y evidencias es bastante común. Schafersman (1994) sostiene que el pensamiento científico coordina observaciones empíricas, comprueba hipótesis y verifica conclusiones, girando en torno a tres ejes principales: empirismo, racionalismo y escepticismo. Según Kuhn (2012), el núcleo sería el conjunto de destrezas necesarias para la coordinación entre teoría y pruebas empíricas, en el



proceso de búsqueda de conocimientos nuevos o mejor explicados, que está ligado al proceso de revisión y cambio de teorías. Este modelo también es apoyado desde la perspectiva de la argumentación (Toulmin, 2007), que apunta ya la justificación de las profundas relaciones entre pensamiento científico y pensamiento crítico.

Tabla 1. Aspectos básicos asociados al pensamiento científico (elaboración propia)

1) Observar
2) Categorizar
3) Reconocer patrones
4) Crear y comprobar hipótesis
5) Atribuir causas y efectos
6) Apoyar la teoría con pruebas
7) Crear e imaginar
8) Pensar correctamente (meta-procesos)
9) Validar conocimiento
10) Usar todo tipo de razonamientos
11) Comunicar, evaluar, compartir, colaborar y pensar la información

La definición extensiva del pensamiento científico, a través de sus múltiples componentes, es el modelo más frecuente y aquí se ha elaborado en el conjunto de aspectos básicos de la tabla 1. La mayoría de los estudios sobre pensamiento científico no abarcan todos los aspectos básicos, pero el modelo común de coordinación está contenido en la tabla 1 en las fases principales de una investigación (aspectos 4, 5, 7), análisis (1, 2, 3), inferencia (9, 10) y argumentación (6, 8 y 11).

Los rasgos del pensamiento científico se etiquetan usualmente en la literatura como conocimiento epistemológico, CTS o naturaleza de la ciencia y tecnología que no debe olvidarse que la orientación CTSA es quien introduce en la educación científica conocimiento o epistémico basado en la historia, filosofía y sociología de la ciencia (Kuhn, 2012). Son cuestiones complejas, innovadoras, abiertas y dialécticas, lo cual las hace apropiadas como contexto de formación del pensamiento crítico; a su vez, la transversalidad del pensamiento crítico contribuye a mejorar la comprensión de los procesos, valores y rasgos epistémicos propios de CTSA (segundo fundamento proyecto).

Otro importante correlato curricular del pensamiento son las competencias clave, entendidas como una integración creativa, flexible y responsable de conocimientos, destrezas, creencias, valores y actitudes, exigidos para la realización de tareas y la transferencia de los aprendizajes (Revista de Educación; RE, 2013). El marco europeo de las competencias clave para la realización personal, la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo les asocia los siguientes temas transversales: pensamiento crítico, creatividad, iniciativa, resolución de problemas, evaluación de riesgos, toma de decisiones y gestión constructiva de las emociones. Además, según la caracterización del pensamiento expuesta, las destrezas de pensamiento son transversales a la educación, en general, y a las competencias básicas,



en particular. En efecto, las competencias básicas en ciencias y tecnología son las más parecidas al pensamiento crítico, pues las destrezas de este coinciden con las pericias prácticas de los científicos (por eso es usual identificar esta competencia con pensamiento crítico); la competencia matemática aparece muy ligada a la resolución de problemas (destreza fundamental del pensamiento); la iniciativa y espíritu emprendedor entronca con la definición de pensamiento crítico (decidir qué hacer o qué pensar); aprender a aprender remite a auto-regulación y meta-cognición (meta-destrezas del pensamiento); la competencia lingüística es clave para la retórica expresiva de la argumentación, que también es una destreza central del pensamiento crítico.

El programa PISA (OCDE, 2008) desarrolla la competencia científica en tres sub-competencias, y cada una de estas, se desglosa en indicadores. La competencia identificación de cuestiones científicas se desglosa en reconocer cuestiones investigables desde la ciencia, utilizar estrategias de búsqueda de información científica, comprenderla y seleccionarla y reconocer los rasgos clave de la investigación científica (relevancia, variables incidentes y control, diseño y realización de experiencias). La explicación científica de fenómenos incluye los indicadores de aplicar los conocimientos de la ciencia a una situación determinada, describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios y reconocer descripciones, explicaciones y predicciones pertinentes. La utilización de pruebas científicas distingue tres indicadores: interpretar pruebas científicas, elaborar y comunicar conclusiones, argumentar en pro y en contra de conclusiones, identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en la obtención de las mismas y reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos.

En suma, todos estos indicadores de las competencias claves van más allá de los tradicionales contenidos conceptuales de ciencia, y de su descripción se desprende que algunos de ellos constituyen la expresión de diferentes destrezas de pensamiento.

El tercer fundamento del proyecto es el conocimiento didáctico del contenido, concepto que aglutina y aplica las destrezas de pensamiento crítico del profesorado para su práctica educativa, como competencia de desarrollo profesional docente (Loughran, Berry y Mulhall, 2012). El conocimiento didáctico del contenido es un indicador de la competencia docente del profesorado para la apropiación de innovaciones en el aula (p. e. educar destrezas de pensamiento crítico y la comprensión de CTS).

El objetivo del proyecto que se presenta es analizar el desarrollo de destrezas de pensamiento crítico en el contexto de la enseñanza de temas de CTS en estudiantes y profesorado. Las destrezas de pensamiento crítico, por ser transversales, son útiles para cualquier aprendizaje; en el caso de la educación científica, el manifiesto paralelismo entre esas destrezas y el denominado pensamiento científico (destrezas y disposiciones en juego en la investigación científica) apunta a la inexcusable necesidad de su desarrollo en el aula de ciencias y más especialmente en la enseñanza de los temas CTSA, porque, históricamente, esta orientación de la educación en ciencias es la que ha desarrollado la enseñanza del conocimiento epistémico propio del pensamiento científico. La educación científica requiere estas destrezas de pensamiento crítico para lograr sus aprendizajes, pero al mismo tiempo la educación científica, y muy especialmente la orientación CTSA, contribuye al desarrollo de estas destrezas.



Metodología

Para facilitar el desarrollo del pensamiento crítico de estudiantes y profesores de diversos niveles educativos desde un contexto de enseñanza CTS, se implementa un tratamiento experimental (lección sobre un rasgo de CTS, que incluye actividades de desarrollo de pensamiento), mediante un profesor aplicador, quien debe estudiar y apropiarse didácticamente de la planificación y aplicación de la lección a un grupo natural de estudiantes (experimental). Se evalúa la efectividad del tratamiento aplicado a los estudiantes del grupo experimental y con grupo control.

El modelo común de cada acción investigadora se ajusta un diseño longitudinal pre-test – intervención - post-test con un grupo de control.

Participantes

La muestra sobre la que se pretende verificar la eficacia de los tratamientos para mejorar el pensamiento está compuesta por estudiantes y profesores en formación. Para tener una perspectiva longitudinal de la eficacia de los instrumentos de investigación en el sistema educativo, se planifican muestras distribuidas regularmente en diferentes niveles del sistema educativo.

La verificación de la hipótesis de esta investigación se realiza en grupos-aula naturales. Además, requiere realizar comparaciones entre grupos (pre-test-post-test, experimental-control, etc.) mediante pruebas estadísticas, cuya robustez depende del tamaño del grupo, lo cual plantea la exigencia de operar con grupos del mayor tamaño posible.

Instrumentos

El proyecto desarrolla instrumentos de dos tipos: instrumentos de intervención didáctica e instrumentos de evaluación de la mejora.

Los instrumentos de intervención didáctica son la planificación de una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) sobre un rasgo específico de CTSA, impartida por un profesor a los estudiantes (tratamiento). La lección incluye actividades de pensamiento crítico, cuya eficacia para mejorar el aprendizaje de estudiantes y profesores el trata de evaluar este proyecto.

Los instrumentos de evaluación pre-post-test se aplican para evaluar las concepciones de los estudiantes y profesores, antes y después del tratamiento; su comparación permitirá determinar su eficacia para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Todos los instrumentos de investigación se aplican en el marco de un diseño cuasi-experimental longitudinal pre-test /post-test con un grupo de control para evaluar las mejoras de las diferentes destrezas implicadas.

La prueba de evaluación de pensamiento crítico es un banco de ítems cuya elaboración y construcción se accede a partir de los instrumentos existentes e incluirá situaciones de contenido científico y tecnológico.



Instrumentos de evaluación:

- Pruebas de evaluación de Pensamiento Crítico
- Cuestionario de Opiniones Sobre Ciencia Tecnología Sociedad (COCTS)
- Cuestionario de entrevista a estudiantes
- Productos de los estudiantes (escritos o grabados), dependiendo de las actividades realizadas (escritos producidos, actividades realizadas, cuestiones planteadas, argumentos contruidos, decisiones tomadas, resoluciones de problemas, etc.)
- Aportaciones personales realizadas a los instrumentos de intervención (documentos correspondientes)

Procedimientos

Este proyecto implementa un tratamiento experimental (SEA sobre un rasgo de NdC, a través de actividades de desarrollo de pensamiento a un grupo de estudiantes) mediante un profesor aplicador, quien recibe formación y debe estudiar y apropiarse didácticamente de la planificación y aplicación del instrumento de intervención didáctica a un grupo natural de sus estudiantes (experimental); el profesor también evalúa la efectividad de este tratamiento aplicado a los estudiantes de su grupo y de otro grupo de control, administrando las pruebas de evaluación sobre pensamiento y COCTS. El diseño longitudinal cuasi-experimental pre-test / post-test con un grupo experimental y un grupo de control del proceso completo aplicado a los grupos de estudiantes participantes se representa en la tabla 2.

Tabla 2. Diseño longitudinal cuasi-experimental pre-test / post-test con un grupo experimental y un grupo de control del proceso completo aplicado a los grupos de estudiantes

	Grupos	Pre-test: evaluación		Tratamiento: intervención didáctica		Post-test: evaluación	Seguimiento
Selección aleatoria de grupos	Exptal.	pensamiento + COCTS	→	Intervención	→	pensamiento + COCTS	Entrevista Productos
	Control	pensamiento + COCTS	→	0	→	pensamiento + COCTS	
Tiempo (orientativo)		x/y/2015		x/y+1,5/2015		x/y+3/2015	x/y+3/2015

Este esquema muestra que el grupo experimental recibe el tratamiento (intervención didáctica), mientras el grupo control no recibe el tratamiento, pero a ambos grupos se les administran los instrumentos de evaluación antes (pre-test) y después del momento del tratamiento (post-test). La distancia temporal del pre-test y la intervención del tratamiento hasta el post-test pretende



evitar los efectos de recuerdo, memoria, recencia y deseabilidad que pueden hinchar la eficacia real, de modo que la evaluación de la mejora muestre los aprendizajes significativos realmente consolidados por los estudiantes. Los estudiantes son ciegos a la experiencia.

Para implementar ese diseño experimental cada profesor aplicador debe apropiarse de la SEA, informarse sobre los procedimientos, conocer los instrumentos y aplicarla con éxito a sus estudiantes en el aula; todas estas tareas se realizarán con ayuda y apoyo de formación docente de los investigadores del proyecto. Los procesos de formación desplegados por el profesor aplicador para estos fines constituyen el tratamiento experimental que recibe el profesor, orientado como auto-reflexión sobre su propia práctica educativa. Estos procesos de formación dirigidos se espera que contribuyan a mejorar el pensamiento y el desarrollo profesional, expresado a través de la evaluación de su CDC. A tal fin y para verificar la mejora del desarrollo profesional del profesor a través de estas actividades se evalúa el pensamiento y su CDC del profesor aplicador, antes y después del tratamiento. El diseño longitudinal cuasi-experimental pre-test / post-test aplicado a los profesores aplicadores se representa en la tabla 3.

Tabla 3. Diseño longitudinal cuasi-experimental pre-test / post-test con un grupo experimental y un grupo de control del proceso completo aplicado a los profesores

Selección opinitica		Pre-test: evaluación		Tratamiento experimental		Post-test: evaluación
Profesores aplicadores	→	pensamiento+ COCTS	→	Preparación SEA + CDC	→	pensamiento+ COCTS + CDC Aportaciones
Tiempos (orientativos)		x/y/2015		x/y+1,5/2015		x/y+3/2015

El proyecto se plantea las siguientes preguntas de investigación:

-  Cu nto mejora el grupo experimental entre pre-test y post test? Comparación de puntuaciones anteriores y posteriores del grupo experimental.
- Al final (post)  Cu nto mejora el grupo experimental respecto al grupo control? Comparación de las puntuaciones finales del grupo experimental frente al grupo control.
-  Cu nto mejora relativamente el grupo experimental respecto al grupo control? Comparación de la variable tamaño del efecto de la mejora del grupo control y del grupo experimental

Los análisis cualitativos evalúan los productos desarrollados por estudiantes y profesorado en las actividades de aprendizaje, el cuestionario de estudiantes y los cuestionarios de conocimiento didáctico del contenido (CDC) del profesorado.



Resultados

Como resultados actuales del desarrollo proyecto se presenta la taxonomía para caracterizar el pensamiento crítico que sirve de base para informar y orientar las pruebas específicas de pensamiento crítico, construidas a la medida de la intervención didáctica diseñada (en función de adaptadas a la medida de las destrezas enseñadas).

El pensamiento crítico es un concepto complejo y rico que se ha venido desarrollando desde los filósofos griegos bajo diversas formas y denominaciones, aunque el término “pensamiento crítico” propiamente dicho se acuñó en el siglo XX en el marco de la psicología cognitiva. Como consecuencia, las definiciones y las caracterizaciones de las destrezas de pensamiento crítico son múltiples y variadas.

En una primera aproximación, una de las definiciones más simples y profundas, pero poco funcional, es la propuesta por Norris y Ennis (1989)

“...pensamiento reflexivo y razonable que se orienta a decidir qué creer o qué hacer”.

Por su parte, Paul y Elder (2008) proponen la siguiente definición:

“ El pensamiento crítico es ese modo de pensar – sobre cualquier tema, contenido o problema – en el cual el pensador mejora la calidad de su pensamiento al apoderarse de las estructuras inherentes del acto de pensar y someterlas a estándares intelectuales.”.

Las diversas definiciones apuntan a que el pensamiento está integrado por múltiples destrezas. Algunos autores optan por definir el pensamiento crítico por extensión, es decir, especificando el complejo y diverso conjunto de destrezas que pueden constituir el pensamiento.

A continuación, como ilustración sintética de la complejidad del pensamiento crítico, se expone la matriz de destrezas de pensamiento propuesta por Gubbin (1985).

Tabla 5. Matriz de destrezas de pensamiento crítico de Gubbin

Resolución de problemas	A. Identificación del problema general B. Clarificación del problema C. Formulación de hipótesis D. Formulación de las preguntas apropiadas E. Generación de ideas relacionadas F. Formulación de soluciones alternativas G. Elección de la mejor solución H. Aplicación de la solución I. Supervisión de la aceptación de la solución J. Diseño de conclusiones
--------------------------------	---



Toma de decisiones		A. Declaración de la meta / condición deseada B. Identificación de los obstáculos a la meta / condición C. Identificación de alternativas D. Examen de alternativas E. Alternativas de clasificación F. Elección de la mejor alternativa G. Evaluación de las acciones
Inferencias	A. Destrezas de pensamiento inductivo	1. determinación de la causa y el efecto 2. análisis de problemas abiertos 3. razonamiento por analogía 4. realización de inferencias 5. determinación de la información pertinente 6. Reconocimiento de las relaciones 7. Solución de problemas por visión intuitiva (insight)
	B. Destrezas de pensamiento deductivo	1. uso de la lógica 2. detección de declaraciones contradictorias 3. análisis de silogismos 4. resolución de problemas espaciales.
Destrezas de pensamiento divergente		A. Lista de atributos de objetos / situación B. Generación de ideas múltiples (fluidez) C. Generación de ideas diferentes (flexibilidad) D. Generación de ideas únicas (originalidad) E. Generación de ideas detalladas (elaboración) F. Síntesis de información
Destrezas de pensamiento evaluativo		A. Distinción entre hechos y opiniones B. Juicio de la credibilidad de una fuente C. Observación y evaluación de los informes D. Identificación de temas y problemas centrales E. Reconocimiento de los supuestos subyacentes F. Detección de sesgos, estereotipos, clichés G. Reconocimiento del lenguaje sesgado H. Evaluación de hipótesis I. Clasificación de datos J. Predicción de consecuencias K. Demostración de síntesis secuencial de información L. Planificación de estrategias alternativas M. Reconocimiento de incoherencias en la información N. Identificación de las razones declaradas y no declaradas O. Comparación de similitudes y diferencias P. Evaluación de argumentos
Filosofía y Razonamiento		A. Uso de enfoques dialógicos / dialécticos



El mapa de destrezas de la tabla 5 es un ejemplo de la complejidad del pensamiento, y aún se puede comentar que no reconoce adecuadamente la importancia transversal de algunos procesos básicos como la argumentación (que solo aparece en su evaluación – P -), la metacognición y la reflexión general sobre cualquier asunto y en cualquier etapa, tan propia del pensamiento crítico y tan necesaria de los temas CTSA.

Por ello, dentro del proyecto, se ha elaborado una definición y una taxonomía de las destrezas de pensamiento, que se inspiran en las contribuciones anteriores, con el objetivo de elaborar una propuesta que, siendo exhaustiva, sea también sencilla y funcional, de modo que pueda ser útil para el profesorado medio, que no siendo especialista en el tema, quiera aproximarse razonablemente a la enseñanza de estas cuestiones.

Sería importante destacar aquí labor acción de la propuesta que se presenta acerca de la conceptualización y la taxonomía de las destrezas piensa mientocrítico es el resultado de la comparación empírica de los modelos de pensamiento crítico de los principales autores en esta área, así como de los principales instrumentos de evaluación de las destrezas de pensamiento crítico. El limitado espacio disponible aquí no permite siquiera mencionar las decenas de estudios sobre las que se basa la elaboración de la taxonomía; como muestra de estos autores y estudios se pueden citar algunos ya mencionados en este estudio (Facione, 1998; Fisher, 2009; Gubbins, 1985; Norris & Ennis, 1989; Paul & Elder, 2008; Vieira, 2010)

Tabla 6. Taxonomía de las destrezas del pensamiento crítico

1. RAZONAMIENTO (justificar conclusiones)
1.1. Lógico (deductivo)
1.2. Empírico (explicar, interpretar con datos, información, pruebas)
1.2.1. Inductivo (predicciones, implicaciones, conclusiones)
1.2.2. Argumentación (abductivo, pruebas, justificaciones, conclusiones)
1.2.3. Estadístico (probabilístico)
1.3. Falacias y Errores
2. CREATIVIDAD (generar ideas, conclusiones)
2.1. Observación (comparar, clasificar)
2.2. Análisis (partes–todo; analogías, modelos)
2.3. Plantear buenas preguntas
3. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
3.1. Toma Decisiones
4. EVALUACIÓN Y JUICIO
4.1. Razonamientos
4.2. Acciones (soluciones, decisiones)
4.3. Credibilidad de fuentes
4.4. Supuestos



4.5. Estándares Intelectuales (Claridad, Precisión, Relevancia,...)
4.6. Comunicación (clarificación de significados)
4.7. Meta-cognición
4.7.1. Autorregulación y autorreflexión
4.7.2. Actitudes y afectos (disposiciones)

Nuestra aportación a la definición de pensamiento crítico sería la siguiente:

“Pensamiento crítico es el pensamiento claro y preciso en sus justificaciones y conclusiones, que además evalúa y juzga meticulosamente todos sus elementos. “

Esta definición engloba dos partes en este pensamiento: las destrezas de pensamiento y la evaluación y juicio sobre la calidad de esas destrezas.

Con base en esta definición y en la literatura analizada y presentada aquí muy someramente, la taxonomía del pensamiento se describe en la tabla 6. C

Como consecuencia de la definición, la taxonomía tiene dos grandes dimensiones, la primera referida a las tres destrezas nucleares del pensamiento y la segunda referida a las herramientas transversales del pensamiento que representan las destrezas específicas de evaluación y juicio sobre todas las destrezas del pensamiento.

Las destrezas nucleares del pensamiento se agrupan en tres categorías razonamiento, creatividad y resolución de problemas. El razonamiento es la argumentación empleada para justificar las conclusiones y engloba una parte lógica (cuyo aspecto central sería la deducción) y una parte empírica referida a la argumentación con las pruebas y evidencias para justificar las conclusiones, las cuales pueden obtenerse por procedimientos inductivos, abductivos y estadísticos o probabilístico dos; se incluyen también en esta categoría el conocimiento acerca de las falacias y errores del razonamiento.

La categoría de creatividad representa todas aquellas operaciones de pensamiento que crean datos o ideas, y que pueden incluir desde el planteamiento de preguntas originales hasta el análisis de las partes y el todo, analogías y modelos, pasando por la observación comparativa y clasificatoria.

La categoría de resolución de problemas es la más compleja de todas las dimensiones del pensamiento y representa a todos aquellos procesos de pensamiento encaminados a proponer una o varias soluciones a problemas o cuestiones complejos y abiertos. Sus diversas etapas suelen englobar muchos de los procesos citados en las dimensiones de pensamiento anteriores (razonamiento y creatividad). En esta dimensión, también se hace mención especial y diferenciada de la destreza de toma de decisiones, por la importancia de la literatura referida a esta cuestión. No obstante, desde nuestra perspectiva, la toma de decisiones es un proceso que puede considerarse un caso particular de la resolución de problemas, cuando la solución buscada es una decisión concreta y específica.



La dimensión de evaluación y el juicio representa el rasgo más distintivo del pensamiento, puesto que se refiere a la capacidad de emitir un juicio de valor sobre la calidad de cualquier aspecto del pensamiento; esta categoría evalúa los argumentos, las soluciones, las decisiones, la credibilidad de las fuentes, los supuestos realizados en el pensamiento y aplica estándares intelectuales de calidad a todos los procesos de pensamiento.

La comunicación engloba todas aquellas destrezas retóricas necesarias para comunicar pensamiento, que no sólo tienen un valor persuasivo, sino también son determinantes para evaluar la calidad del pensamiento.

Finalmente, la categoría de meta cognición incluye los procesos de autorregulación, autorreflexión y las disposiciones generales hacia el pensamiento. La meta-cognición se refiere a la autoevaluación del pensamiento y engloba el examen y monitorización de la calidad de los procesos y etapas de pensamiento (reflexión auto-reguladora), el cuestionamiento de lo que sabemos y la capacidad auto-correctiva del pensamiento. En particular, las actitudes y afectos reflejan la dimensión emocional del pensamiento, es decir, las disposiciones para asumir una conciencia conceptual, metodológica y contextual hacia los procesos de pensamiento (por ejemplo, las disposiciones inquisitivas, sistemáticas, analíticas, juiciosas, de búsqueda de la verdad, abiertas, de confianza, etc.).

Conclusiones

La educación en general y en la enseñanza de las ciencias en particular reciben hoy demandas, académicas (desde la investigación educativa) y sociales, de más y mejor educación en destrezas de pensamiento, que son transversales para la competencia de las personas. Algunas de las razones que justifican esta demanda reciente de una educación más intensa del pensamiento serían las siguientes:

- El pensamiento debe cultivarse como una competencia principal del ser humano;
- La civilización actual afronta problemas complejos y abiertos, cuyas soluciones requieren mejor pensamiento crítico de la ciudadanía;
- El pensamiento crítico aporta bienestar psicológico a las personas y permite a los ciudadanos libres distinguir la verdad de la mentira;
- Las personas competentes en pensamiento crítico están mejor dotadas para disfrutar de más y mejores oportunidades;
- Los puestos de trabajo actuales demandan crecientemente más formación en destrezas de pensamiento.

Como queda patente desde la conceptualización del pensamiento presentada aquí, la formación y el desarrollo del pensamiento que se proponen se sitúan en un nivel de competencia más allá del mero seguimiento correcto de normas y prescripciones que conducen a un resultado seguro. Antes al contrario, la educación del pensamiento aboga



por un desapego de los métodos educativos algoritmizados y estandarizados, para lo cual, las actividades de enseñanza y aprendizaje debería ofrecer oportunidades, cuestiones y problemas motivadores, pero abiertos (sin una solución única y predeterminada), para cuya resolución se requiera el uso de las destrezas, capacidades y competencias propias del pensamiento (reflexión, resolución de problemas, toma de decisiones, argumentación, etc.), pero dónde las actitudes, los valores y los intereses de las personas tienen también un papel importante (Bennássar et al., 2010).

Con independencia de la perspectiva conceptual adoptada acerca del pensamiento, un requisito fundamental es que todo el sistema educativo, y no sólo la educación científica, oriente sus esfuerzos en el logro de la formación del pensamiento a través de secuencias y progresiones de enseñanza y aprendizaje adecuadas en el sentido del párrafo anterior. La actuación del profesorado es determinante para lograr la formación del pensamiento en los estudiantes; ello exige que el profesorado, a su vez, tenga la formación adecuada, pero también la determinación consciente e intencionada hacia el desarrollo de sus propias destrezas de pensamiento crítico y, sobre todo, hacia la aplicación en sus aulas de las progresiones y secuencias de enseñar a pensar. En el proyecto se contempla también la construcción del conocimiento didáctico del contenido del profesorado como herramienta para la formación del profesorado en la educación de las destrezas del pensamiento (Loughran et al., 2012).

Como ya se ha mencionado la formación del pensamiento es un objetivo general de la educación y una competencia transversal valiosa para los estudiantes. En particular, en el caso de la enseñanza de la ciencia, esta formación es particularmente importante por la gran identidad entre pensamiento crítico y pensamiento científico: el pensamiento crítico es un instrumento decisivo para pensar científicamente, y, por tanto, para el éxito en el aprendizaje de la ciencia, y viceversa, el desarrollo del pensamiento científico a lo largo del aprendizaje de la ciencia favorece también el desarrollo del pensamiento crítico.

Como consecuencia, los estudiantes no necesitan tanto que les enseñen ciencia como una colección de hechos y fórmulas para memorizar, sino mejor como razonamiento científico; las actividades de aprendizaje deben ser diseñadas de forma que los estudiantes pensando científicamente desarrollen destrezas esenciales del pensamiento científico. No obstante, como la práctica educativa actual, en el contexto específico de la enseñanza de las ciencias, aún está lejos de orientarse hacia este objetivo, parece necesario explicitar las acciones e implicaciones sobre los temas y actividades curriculares más idóneos para facilitar de la formación del pensamiento, y que se refieren principalmente a las áreas mencionadas en la introducción (cuestiones CTSA, cuestiones socio-científicas, naturaleza de la ciencia y argumentación). Algunas de estas implicaciones podrían ser las siguientes G:

- Priorizar el estudio de temas referidos a las relaciones entre la ciencia y su entorno social (cuestiones socio-científicas, relaciones CTSA, naturaleza de la ciencia, argumentación); dentro de esta propuesta:
 - Enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia (aspectos epistemológicos y meta-cognitivos de la ciencia), como una herramienta para alcanzar una imagen más



adecuada de la ciencia y las destrezas del pensamiento de más alto nivel (juicio, evaluación, valoración).

- Enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia referida a las relaciones sociales e institucionales entre el sistema de ciencia y tecnología y la sociedad (interacción mutua entre comunidad científica y sociedad).
- Identificar y planificar la enseñanza (explícita y reflexiva) de estructuras cognitivas concretas del pensamiento propias del dominio-específico de la enseñanza de las ciencias (estructuras del pensamiento científico).
- Incluir los procesos de pensamiento referidos a la meta-cognición y autorregulación, como mecanismo que permita facilitar a los estudiantes su aprendizaje y en el conocimiento de cómo aprenden (aprender a aprender).

Por otro lado, el progreso experimentado por el conocimiento científico desde el nacimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII, hasta hoy ha sido atribuido por los especialistas a diversos factores. Uno de los factores clave del éxito es el sistema de crítica científica sobre la comunicación y presentación pública de los avances y descubrimientos, que, esencialmente, contempla las críticas realizadas por otros investigadores, y también la propia autocrítica que cada científico ejerce sobre sus propias investigaciones, como una actitud de escepticismo organizado que permite mejorar resultados, y también evitar los errores y los fallos. Así pues, el pensamiento crítico, como competencia específica del pensamiento general ejercida por los humanos en cualquier situación, en el caso de su aplicación a la actividad científica se convierte en una parte esencial del pensamiento científico, ya que resulta la piedra angular para la generación exitosa por los científicos de conocimiento válido sobre la naturaleza y del desarrollo de todo el sistema tecno- científico (Milne, 2011).

Uno de los temas discutidos en relación a la educación del pensamiento es la transferencia o generalización de sus destrezas a dominios diferentes del dominio donde se aprendieron. Si el pensamiento crítico es un proceso o habilidad que es independiente de la materia, entonces, parece que esta habilidad se podría aplicar en dominios específicos diversos. Sin embargo, la investigación ha demostrado que la transferencia es algo limitada, es decir, desarrollar el pensamiento crítico dentro de un dominio específico no significa que esta habilidad se transferirá a otras disciplinas o situaciones. El debate académico sobre la transferencia es difícil de resolver, debido a las dificultades con la vaguedad de los conceptos de dominio específico y de la conceptualización de las destrezas (Bailin, 2010).

Finalmente, debe hacerse notar que esta orientación de la educación del pensamiento difiere del modelo de Piaget, más centrado epistemológicamente en razonamiento abstracto, independiente del contexto (Piaget e Inhelder, 1997).



Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

- Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R. & Daniels, L. B. (1999). Common misconceptions of critical thinking. *Journal of Curriculum Studies*, 31, 269-283.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A., y García-Carmona, A. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: OEI. Recuperado de www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf
- Chin, C., y Osborne, J. (2010). Supporting argumentation through students' questions: Case studies in science classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 19(2), 230-284.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., y Chai, C.-S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, 961-999.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.) (2008). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. New York: Springer.
- Facione, P. A. (1998). *Critical thinking: What it is and why it counts: A resource paper*. Millbrae, CA: California Academic Press.
- Fadel, C., Bialik M., y Trilling, B. (2015). *Four-Dimensional Education: The Competencies Learners Need to Succeed*. Center for Curriculum Redesign. Recuperado de <http://curriculumredesign.org/>.
- Feist, G. J. (2006). *The Psychology of Science and the Origins of the Scientific Mind*. New Haven: Yale University Press.
- Fisher, A. (2009). *Critical Thinking. An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ford C. L., y Yore, L. D (2014). Toward Convergence of Critical Thinking, Metacognition, and Reflection: Illustrations from Natural and Social Sciences, Teacher Education, and Classroom Practice. En A. Zohar y Y. J. Dori (Eds.), *Metacognition in Science Education* (pp. 251-271). Dordrecht: Springer.
- García-Mila, M., y Andersen, C. (2008). Cognitive Foundations of Learning Argumentation. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 29-45). New York: Springer.
- Gubbins, E. J. (1985). *Matrix of Thinking Skills*. Unpublished document. Hartford, CT: State Department of Education.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Madrid: Debate
- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? En U. Goswami (Ed.), *Blackwell*



- handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Oxford: Blackwell Publishing.
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Madrid: Amorrortu Editores.
- Loughran, J., Berry, A., y Mulhall, P. (Eds.) (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Lundquist, R. (1999). Critical thinking and the art of making good mistakes. *Teaching in Higher Education*, 4(4), 523-530.
- Manassero-Mas, M. A., Bennássar Roig, A., Vadell Adrover, J., Sureda Gomila, A., Bibiloni Esteva, M. M. y Vázquez-Alonso, Ángel (2017). Enseñar a pensar: aprendizaje competencial de los temas de naturaleza de ciencia y tecnología. II Jornades de Recerca i Innovació Educativa a les Illes Balears, Universidad de las Islas Baleares, Palma.
- McComas, W. 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, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McDonald, C. V., y McRobbie, C. J. (2012). Utilising Argumentation to Teach Nature of Science. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 969-986). Dordrecht: Springer.
- Milne, C. (2011). *The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Milne, C. (2011). *The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Norris, S.P. & Ennis, R.H. (1989). *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.
- OCDE (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana Educación.
- Paul, R. & Elder, L. (2008). *The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools*. (5th ed.). Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking Press.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1997). *Psicología del niño*. Madrid: Morata.
- Piaget, J., e Inhelder, B. (1997). *Psicología del niño*. Madrid: Ediciones Morata,
- RE (2013). Competencias básicas: retórica y realidad. *Revista de Educación*, nº extraordinario. Madrid: MECD.
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sadler, T. D., y Fowler, S. R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation Knowledge. *Science Education*, 90, 986-1004.
- Schafersman, S. (1994). *An Introduction to Science: Scientific Thinking and the Scientific Method*. Recuperado de <http://www.freeinquiry.com/intro.html>.
- Simonneaux, L. (2014). From Promoting the Techno-sciences to Activism – A Variety of Objectives Involved in the Teaching of SSIs. En L. Bencze y S. Alsop (Eds.), *Activist Science and Technology Education* (pp. 99-112). Dordrecht: Springer.
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.



- Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C., y Martins, I. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Revista Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 96-103.
- Yager, R. E. (1993). Science and critical thinking. En J. H. Clarke, & A. W. Biddle (Eds.), *Teaching critical thinking: Reports from across the curriculum*, (pp. 264-275). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Zohar, A. (2006). El pensamiento de alto nivel en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 157-172.