

Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento

Ángel Vázquez-Alonso y María Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares, España. Emails: angel.vazquez@uib.es, ma.manassero@uib.es

Resumen: En el marco de la educación científica, se plantea ir más allá de la alfabetización centrada en la comprensión, para lograr un objetivo de desarrollo cognitivo más ambicioso: enseñar a pensar, como clave de mejora para la vida social y personal. Para ello, se realiza un análisis de la investigación sobre los procesos de pensamiento en tres áreas innovadoras y claves de didáctica: naturaleza de la ciencia, argumentación y alfabetización o competencia científica. La serie de concomitancias entre el pensamiento crítico, como medio de pensar, en general, y el pensamiento científico, en particular, muestran el paralelismo y las relaciones del pensamiento entre estas diferentes áreas. Esto sugiere que los problemas de aprendizaje planteados en ellas podrían resolverse promocionando tempranamente, en la educación científica, la enseñanza de las destrezas del pensamiento crítico, que mejorarán el pensamiento científico; a su vez, la mejora del pensamiento científico en esas áreas se espera que realimente el progreso del pensamiento crítico en un círculo virtuoso de mejora. En consecuencia, se propone una intervención para enseñar a pensar sólidamente, críticamente y científicamente a los estudiantes, y formar al profesorado hacia esta finalidad, transversal y significativa para todas las competencias claves.

Palabras clave: pensamiento crítico, pensamiento científico, competencia científica, naturaleza de la ciencia, argumentación.

Title: Beyond understanding of science: science education for teaching fair thinking.

Abstract: In the context of science education, going beyond the scientific and technological literacy focused on understanding is raised, to attain an ambitious aim on developmental cognition: teaching to think right as a key to improve social and personal life. To this aim, an analysis of research on thinking processes is developed along three key innovative areas of science education: nature of science, argumentation and scientific competence or scientific literacy. The set of concomitances between critical thinking, as a tool of general right thinking, and scientific thinking, in science education, show the parallelism and the relationships between those different aspects of thinking. These results suggest that the learning problems raised in these three key innovative areas may be solved through early teaching of critical thinking skills in science education, which will improve scientific thinking; in turn, improved scientific thinking in these three areas is expected to feedback the progress of

critical thinking, opening an improvement virtuous circle. Therefore, teaching students right thinking, both critical and scientific, and training teachers toward this new, transversal and significant aim for all key competences are proposed.

Keywords: critical thinking, scientific thinking, scientific competence, nature of science, argumentation.

Introducción

El siglo XXI se caracteriza por el cambio acelerado en contextos complejos e inciertos que deja obsoletos los conocimientos y las técnicas tradicionales en tiempos cada vez más cortos. Sucesivos estudios educativos en todo el mundo, como el programa PISA (OCDE, 2008) entre otros, reiteran que los sistemas educativos deberían conectar mejor con estas nuevas necesidades personales (razonamiento, curiosidad, resiliencia, etc.), sociales (adaptación, reflexión, conciencia, etc.) y laborales (cooperación, creatividad, apertura, etc.) de los ciudadanos. Las administraciones educativas tratan de afrontar estos retos globales mediante diversas iniciativas, como el re-diseño de currículos, la introducción de competencias clave, la promoción de la formación profesional, la construcción del auto-aprendizaje, etc. (Claxton, 2014). Para afrontar eficazmente estos retos, el sistema educativo debe educar a todos los ciudadanos en capacidades transversales, que se sitúan más allá de los conocimientos y actividades disciplinares, porque permiten aprender a lo largo de toda la vida y ser transferidos para afrontar entornos inciertos, diversos y cambiantes. El pensamiento y sus destrezas (sinónimo de “abilities, skills”) cognitivas asociadas son las capacidades transversales que centran este trabajo.

Aprender para comprender es una orientación educativa con una larga tradición en la educación general (p. e. Perkins, 1993), y en la didáctica de las ciencias en particular (p.e. Millar, 1996; Mintzes, Wandersee y Novak, 2005), que ha sido desarrollada a través de muy diversas metodologías, tales como aprendizaje por investigación/proyectos/problemas, aprendizaje mediante tecnología, aprendizaje interactivo y social, aprendizaje cooperativo, etc. que tratan de entender el significado completo y profundo del conocimiento en contextos con exceso de información. La comprensión es un proceso de pensamiento, superior a la memorización, sostenido por representaciones mentales significativas sobre la información (transferibles a distintas situaciones) y profundas (duraderas y estables), a largo plazo (aprender a aprender para la vida), que se manifiesta en capacidades para pensar y actuar flexiblemente con base en la información. En resumen, el aprendizaje como comprensión es un primer estadio de la capacidad personal de pensar; en el caso de las ciencias, su contexto es el conocimiento científico (leyes, modelos, teorías) que constituyen el núcleo tradicional de la alfabetización científica (Roberts, 2007).

Hace tiempo que la psicología cognitiva ha desvelado importantes detalles del pensamiento humano, que van más allá de la simplista categorización

piagetiana entre estadios concretos/abstractos. Por un lado, se han identificado operaciones cognitivas de alto nivel, que algunos refieren a las categorías superiores de la taxonomía de Bloom (análisis, síntesis, evaluación, creatividad) y otros las describen como destrezas específicas de un complejo constructo denominado pensamiento crítico, que englobaría un conjunto de destrezas tales como decidir, razonar, resolver problemas, argumentar, investigar, etc.

Por otro lado, las teorías del procesamiento de la información sostienen la existencia de dos vías básicas para procesar conocimientos, que son trascendentales para el aprendizaje en general, y el aprendizaje del pensamiento crítico en particular: una vía intuitiva, automática y rápida, que apenas requiere elaboración, ni reflexión, y otra vía de procesamiento profundo, lento, esforzado y reflexivo, que sería la vía correspondiente a las destrezas del pensamiento crítico (Kahneman, 2012).

Más recientemente, la investigación en didáctica de las ciencias sobre el aprendizaje de temas innovadores como la naturaleza de la ciencia (NdC), la argumentación o los temas socio-científicos también pretende educar a los estudiantes para afrontar los retos nuevos e inciertos (Hodson, 2008). Un lugar común de esa investigación son las dificultades de aprendizaje observadas y su atribución reiterada a la carencia de los estudiantes de las destrezas cognitivas necesarias para su afrontamiento. Por ejemplo, una dificultad generalmente observada es que los estudiantes no suelen apreciar o tener en cuenta el valor de las pruebas empíricas para el conocimiento, una destreza esencial en los tres temas, y que es atribuida a que los estudiantes carecen de destrezas de alto nivel o pensamiento crítico para pensar sobre ellas (Gold, 2002). Las destrezas de pensamiento crítico van más allá de la simple comprensión de información, porque implican capacidades de reflexión, meta-cognición y auto-regulación, que se exploran más adelante (Zohar y Dori, 2014).

Este análisis parte de las demandas cognitivas de la enseñanza de las ciencias, porque en estas disciplinas la necesidad de pensar y razonar bien se hace más perentoria para lograr aprendizajes disciplinares significativos y relevantes, y a la vez, para que esos aprendizajes contribuyan a mejorar el pensamiento. El objetivo de este estudio es justificar que la educación de las destrezas de pensamiento crítico permite resolver las dificultades cognitivas identificadas especialmente en los tres temas innovadores de investigación en didáctica de las ciencias señalados antes. La justificación se desarrolla en un marco interdisciplinar y se propone demostrar la coincidencia entre pensamiento crítico, concepto procedente de la psicología cognitiva, y las demandas cognitivas de aprendizaje de esos temas innovadores, procedentes de la didáctica de ciencias, de modo que esta relación implica una doble aportación adicional del estudio: educar las destrezas cognitivas que necesitan los estudiantes para aprender ciencias con éxito y mejorar la calidad de la enseñanza de los temas innovadores de ciencias en el siglo XXI. La revisión de los múltiples conceptos implicados en la justificación está limitada al espacio disponible.

El pensamiento científico

En esta sección se pretende clarificar los contenidos del denominado pensamiento científico, como punto de partida de la justificación sobre el paralelismo entre pensamiento científico y pensamiento crítico, mostrando que los rasgos del pensamiento científico y las destrezas de pensamiento crítico comparten cogniciones comunes. Esta coincidencia común aporta ya una primera razón en favor de enseñar a pensar a los estudiantes, mediante el dominio de las destrezas de pensamiento crítico, pues con ello se enseña al mismo tiempo pensamiento científico.

La literatura ofrece variadas acepciones acerca del contenido del pensamiento científico. Por el hecho de ser pensamiento, el pensamiento científico, obviamente, exhibe atributos comunes a todas las cogniciones humanas; por ser científico, se le asignan rasgos frecuentes de las prácticas científicas, aunque la diversidad de disciplinas, áreas y especialidades científicas multiplican las formas y rasgos del pensamiento científico. La etiqueta pensamiento científico comprende e incluye las diversas formas de pensar y hacer de la comunidad científica, cuya manifiesta variedad no permite interpretarla como un tipo de pensamiento acabado, lineal o único, sino provisional, complejo y múltiple. Schaferman (1994) sostiene que el pensamiento científico coordina observaciones empíricas, comprobación de hipótesis y verificación de conclusiones, girando por ello en torno a tres ejes principales como empirismo, racionalismo y escepticismo. También Kuhn (2002) considera que el núcleo del pensamiento científico es 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, un modelo que sirve, a la vez, para describir el trabajo de un científico o el de una persona normal, y en particular, el aprendizaje de la ciencia. Este modelo de pensamiento científico como coordinación explicaciones-evidencias es también apoyado desde la perspectiva de la argumentación (Toulmin, 2007), lo cual añade otra justificación adicional (que se desarrolla más adelante) a la tesis central de este análisis sobre las profundas relaciones entre pensamiento científico y pensamiento crítico. Anotamos que esta orientación sobre pensamiento científico difiere epistemológicamente del modelo de Piaget, centrado en estrategias de razonamiento abstracto, independientes del contexto (Piaget e Inhelder, 1997).

La definición extensiva del pensamiento científico identificando sus componentes es la más frecuente y eficaz para ilustrarlo; Feist (2006) distingue entre aspectos y destrezas asociadas, terminología que se adopta y se elabora aquí (Tabla 1).

Los componentes del pensamiento científico tomados aislados, como si no existieran otros, o situados fuera del contexto de hacer ciencia, podrían carecer de sentido; al contrario, la combinación e interacción de componentes con una orientación conforman modelos del pensamiento científico que son operativos (Kuhn, 2012; Ohlsson, 1996; Smith, Kelly y Mackenzie, 2010). Por

ello, el pensamiento científico se ha caracterizado de diferentes maneras, según las destrezas dominantes enfatizadas en cada modelo (interpretar, hipotetizar, experimentar, evaluar teorías, etc.), las actitudes ante la búsqueda y validación del conocimiento (curiosidad, creatividad, integridad, imparcialidad, apertura, etc.) y los valores comunitarios de las prácticas científicas (a la vez, competitivas y cooperativas). Aunque muy pocos estudios sobre pensamiento científico abarcan todos los aspectos básicos, el modelo de pensamiento científico propuesto por Kuhn (2012), desde una perspectiva evolutiva, contempla las fases principales de una investigación (Tabla 1, aspectos 4, 5, 7), análisis (1, 2, 3), inferencia (9, 10) y argumentación (6, 8 y 11).

La operatividad de los modelos de pensamiento científico puede ejemplificarse con el caso del aprendizaje de la ciencia como investigación, cuya didáctica implica un modelo de puesta en práctica de las destrezas del pensamiento científico de la tabla 1, que puede aplicarse como guía de desarrollo curricular o como rúbrica de evaluación, para valorar si los estudiantes practican el pensamiento científico en el currículo o las actividades de aprendizaje como investigación.

Los aspectos y destrezas del pensamiento científico son un núcleo básico de contenidos también en el área de investigación conocida como naturaleza de la ciencia (NdC), pues NdC se refiere a los meta-conocimientos acerca de qué es la ciencia y cómo justifica su conocimiento.

Además del aspecto estático de los contenidos de la Tabla 1, NdC enfatiza los aspectos dinámicos, relacionales y meta-cognitivos del pensamiento científico, entre las diversas dimensiones epistémicas, sociales y valores: variedad de métodos, basados en pruebas empíricas para construir, desarrollar, validar y difundir conocimiento (teorías, leyes y modelos explicativos de fenómenos naturales); características y valores de la comunidad científica de prácticas (presuponer orden y consistencia en los sistemas naturales), funcionamiento interno y externo (naturaleza humana de la empresa científica), vínculos entre ciencia y tecnología (CyT) y relaciones y responsabilidades entre la sociedad y el sistema tecno-científico (Erduran y Dagher, 2014; McComas, 1998; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007; Zeidler, Berkowitz y Bennett, 2011). En este cuadro multiforme, el rasgo epistémico más transversal a las diferentes disciplinas científicas tal vez sea la provisionalidad del conocimiento y su apertura permanente a la revisión y el cambio; desde la perspectiva externa a la propia ciencia, cabe resaltar las dinámicas relaciones e impactos mutuos entre la sociedad y el sistema tecno-científico, hasta el punto que algunos desarrollos didácticos recientes engloban conjuntamente las prácticas científicas y tecnológicas (NGSS Lead States, 2013). Por ejemplo, este último propone ocho prácticas como elementos esenciales de la ciencia: hacer preguntas (ciencia) y definir problemas (ingeniería), desarrollo y uso de modelos, planificación y realización de investigaciones, análisis e interpretación de datos, uso de las matemáticas y el pensamiento computacional, construir explicaciones (ciencia) y diseñar

soluciones (ingeniería), participar en argumentaciones basadas en evidencias y obtención, evaluación y comunicación de información.

Aspectos	Destrezas asociadas al pensamiento científico
1) Observar con los sentidos.	Observar; Recoger datos; Recopilar información; Describir; Historiar
2) Categorizar lo observado.	Definir supuestos, conceptos y problemas; Clasificar, organizar, ordenar, entes; Analizar, comparar, contrastar
3) Reconocer patrones en objetos y sucesos.	Identificar datos probatorios; Cuantificar medidas; Descubrir regularidades; Sintetizar; Generalizar empíricamente
4) Crear y comprobar hipótesis.	Formular preguntas; Identificar problemas y supuestos; Formular hipótesis; Planificar y desarrollar investigaciones; Aplicar análisis estadísticos; Usar adecuadamente la tecnología; Aplicar pensamiento matemático y computacional
5) Pensar en causas y efectos.	Controlar efectos de múltiples variables; Atribuir causalidad; Usar la lógica; Dar interpretaciones válidas y fiables; Resaltar datos sorprendentes o contradictorios; Plantear problemas prácticos
6) Apoyar eficazmente la teoría con pruebas.	Emitir juicios críticos; Sacar conclusiones; Aceptar y rechazar teorías; Utilizar pruebas; Justificar y validar conocimientos; Argumentar; Sugerir solución o comparación; Construir explicaciones y teorías coherentes
7) Visualizar el pensamiento científico.	Crear e imaginar investigaciones y experimentos; Simular modelos y datos en figuras, diagramas y gráficos; Construir tablas; Desarrollar tecnologías; Afrontar necesidades y problemas sociales; Informar políticas científicas
8) Ser consciente y controlar el pensamiento propio (meta-procesos).	Pensar correctamente; Tener una actitud escéptica; Mostrar apertura de mente; Desafiar el conocimiento con alternativas; Evaluar suposiciones; Predecir; Buscar con creatividad e imaginación nuevas ideas y conocimientos
9) Usar metáforas y analogías.	Crear modelos, analogías y teorías; Resolver problemas; Buscar bases para el conocimiento; Replicar teorías, modelos, conocimientos
10) Usar la heurística de "confirmar rápido, revocar después".	Explorar literatura, hipótesis; Deducir conclusiones; Inferir conclusiones; Tomar decisiones; Abducir conclusiones
11) Comunicar, evaluar, compartir, colaborar y pensar la información.	Comunicar y compartir conocimiento; Publicar descubrimientos; Trabajar en equipo cooperativamente; Participar en congresos; Debatir con los colegas teorías y soluciones; Evaluar comunicaciones de otros para publicar; Asumir responsabilidades (personal y social)

Tabla 1.- Desarrollo de los aspectos del pensamiento científico y sus destrezas específicas asociadas elaborado por los autores a partir de las citas sobre este tema.

En resumen, los aspectos y destrezas del pensamiento científico coinciden con los contenidos de NdC, aunque estos añaden un nivel dinámico y meta-cognitivo, que es compartido también con el pensamiento crítico, como justifica la sección siguiente.

Pensamiento crítico

Desde Piaget, la psicología ha usado el pensamiento científico como base para el estudio y comprensión del desarrollo cognitivo humano, y esta ya es una prueba importante de la relación entre pensamiento científico y pensamiento crítico que se explora aquí y en las secciones siguientes.

Aunque el pensamiento crítico es un constructo bien establecido, las actuales demandas sociales de más y mejor educación en destrezas transversales de pensamiento acentúan las razones de su relevancia educativa, que según Norris (1985) serían: el pensamiento debe cultivarse como expresión central del ser humano; la civilización actual afronta problemas complejos cuyas soluciones requieren mejor pensamiento crítico; el pensamiento crítico aporta bienestar psicológico a las personas y permite a los ciudadanos libres distinguir la verdad de la mentira; la gente competente en pensamiento crítico está mejor equipada para lograr más oportunidades y los puestos de trabajo demandan crecientemente pensamiento crítico, etc.

El pensamiento crítico es un concepto polisémico con muchas definiciones; una de las más simples es la Norris y Ennis (1989) "... pensamiento reflexivo y razonable que se orienta a decidir qué creer o qué hacer". Otras son: proceso para determinar el valor de una idea, proceso de pensamiento sin solución única, mente abierta a la contradicción y a puntos de vista opuestos, capacidad de suspender sistemáticamente el pensamiento propio para analizar, evaluar y mejorar la calidad de cada parte, capacidad de analizar una información o pensamiento, encontrar el valor que pueda contener, desechar el resto y pasar aquel por un proceso de escrutinio, análisis, cambio, mejora e integración.

Facione (1998) destaca el pensamiento crítico como un juicio intencional autorregulado, que se traduce en análisis, evaluación y conclusión interpretativos (destrezas), así como explicación de la conciencia conceptual, metodológica y contextual sobre las pruebas que basan el juicio (disposiciones). Según Lundquist (1999) lo esencial del pensamiento crítico es la reflexión y la capacidad de sacar conclusiones para llegar a comprender un asunto, que sería una comprensión crítica, más allá de la simple comprensión conceptual.

Otras definiciones del pensamiento crítico son extensivas (Fisher, 2009), pues especifican las destrezas que lo constituyen: identificar los elementos clave; identificar y evaluar suposiciones y valores implícitos; clarificar e interpretar expresiones e ideas; juzgar la aceptabilidad y credibilidad de afirmaciones; evaluar diferentes tipos de argumentos; poner a prueba las

propias conclusiones; producir argumentos; apreciar e interpretar datos y pruebas; reconocer las relaciones lógicas entre proposiciones; comprender y usar el lenguaje con claridad, precisión y discriminación. Desde la perspectiva de la educación científica, Jiménez-Aleixandre y Puig (2012) destacan los dos componentes de destrezas y disposiciones del pensamiento crítico que lo conectan con la argumentación y ya sugieren que la argumentación sobre temas científicos y socio-científicos puede contribuir al desarrollo del pensamiento crítico, en línea con la tesis que se pretende mostrar aquí, pues no en vano, la destreza de argumentar es una de las más universalmente atribuidas al pensamiento crítico

Otras destrezas del pensamiento crítico serían: analizar, evaluar y producir explicaciones; analizar, evaluar y tomar decisiones; extraer inferencias, conclusiones o generalizaciones; reconocer y resolver problemas; recoger y ordenar información pertinente; reconstruir las creencias propias con base en la experiencia, etc.

Las definiciones y destrezas del pensamiento crítico, enumeradas en los párrafos anteriores, comparadas con los aspectos de pensamiento científico (Tabla 1) ponen de manifiesto la gran coincidencia entre ambos. Esta coincidencia hace de la educación científica un contexto apropiado para educar el pensamiento crítico de los estudiantes, y viceversa, el desarrollo temprano de destrezas de pensamiento crítico puede contribuir a mejorar el aprendizaje de la ciencia (Gold, 2002).

Evaluación del pensamiento crítico y científico: semejanzas

La semejanza entre pensamiento crítico y pensamiento científico también se refuerza por las similitudes entre las formas de evaluar el pensamiento crítico y las formas de evaluar los componentes meta-cognitivos del pensamiento científico, desarrollados bajo el paradigma de NdC. Este argumento añade otra justificación de la concomitancia entre pensamiento crítico y pensamiento científico con base en el parecido entre los instrumentos empleados para evaluar pensamiento crítico y NdC.

La Evaluación de Pensamiento Crítico de Halpern valora cinco subcategorías de destrezas de pensamiento crítico con un instrumento de papel y lápiz que plantea 25 escenarios en diversos ámbitos cotidianos como salud, educación, social, trabajo o política. Las respuestas requieren analizar y reflexionar sobre diversos aspectos del escenario, donde se combinan valoraciones de opción múltiple y formatos abiertos.

La Valoración de Pensamiento Crítico de Watson y Glaser es un instrumento estandarizado que plantea escenarios diversos sobre cada uno de los cuales los encuestados valoran varios ítems que corresponden a las varias escalas de pensamiento crítico.

Los instrumentos de evaluación de pensamiento científico desde el paradigma de NdC son similares a los anteriores: plantean escenarios diversos sobre los que piden respuestas que exigen reflexión. El cuestionario Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS) es abierto (Lederman, Abd-El-Khalick,

Bell y Schwartz, 2002), mientras el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) es un banco con 100 escenarios diferentes y valoración múltiple de varias frases que ofrece cada escenario sobre una escala Likert (Bennáassar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010). Lo importante aquí es que ambos usan la metodología de escenarios para obtener los perfiles de las respuestas.

Aunque el pensamiento crítico plantea sus escenarios en contextos de la vida diaria, porque evalúa un público general, la evaluación del pensamiento científico plantea escenarios de CyT para un público alfabetizado en CyT. Sin embargo, esta diferencia es meramente temática puesto que no valoran conocimientos; la idéntica estructura evaluadora de estos instrumentos, usando escenarios concretos que se valoran, refuerza la semejanza entre pensamiento crítico y pensamiento científico.

En suma, pensamiento crítico y pensamiento científico son semejantes por la correspondencia y relación entre sus destrezas constitutivas y por los planteamientos similares de los instrumentos de evaluación, basada en la valoración de escenarios. Además, estas semejanzas entre pensamiento crítico y pensamiento científico sugieren que los temas de NdC son un marco adecuado para el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, y viceversa.

Pensamiento crítico, meta-cognición y reflexión: convergencia para aprender y enseñar

La psicología cognitiva relaciona el pensamiento crítico con dos capacidades cognitivas esenciales para pensar: meta-cognición y reflexión; se explora brevemente esta relación porque es otro argumento adicional para la tesis de este estudio. El pensamiento crítico se refiere a juicios sobre qué creer y qué hacer, la reflexión se refiere a los juicios sobre una actuación concreta (p.e. enseñar o aprender), mientras meta-cognición afronta los procesos de control y evaluación de cogniciones (p.e. gestión del aprendizaje o enseñanza). Los tres elementos contribuyen a mejorar el pensamiento, porque integran recursos de planificación, supervisión y regulación para optimizar los fundamentos de los juicios (decidir qué creer y qué hacer) que son relevantes para un ciudadano reflexivo y crítico (Zohar y Dori, 2014).

Los elementos compartidos entre cada par son también una ilustración relevante de la interacción mutua. Meta-cognición y pensamiento crítico se potencian entre sí porque integran recursos intelectuales para planificar, supervisar y regular el pensamiento y mejorar los fundamentos de los juicios sobre qué creer en temas generales de cognición/aprendizaje, su control y su evaluación. Reflexión y pensamiento crítico se potencian integrando recursos para mejorar los fundamentos de los juicios sobre qué creer y hacer en la ejecución de enseñanza o aprendizaje. Meta-cognición y reflexión coinciden en planificar, supervisar y regular los pensamientos personales necesarios para mejorar el control y la evaluación de los juicios y la ejecución, respectivamente (Vázquez, 2014).

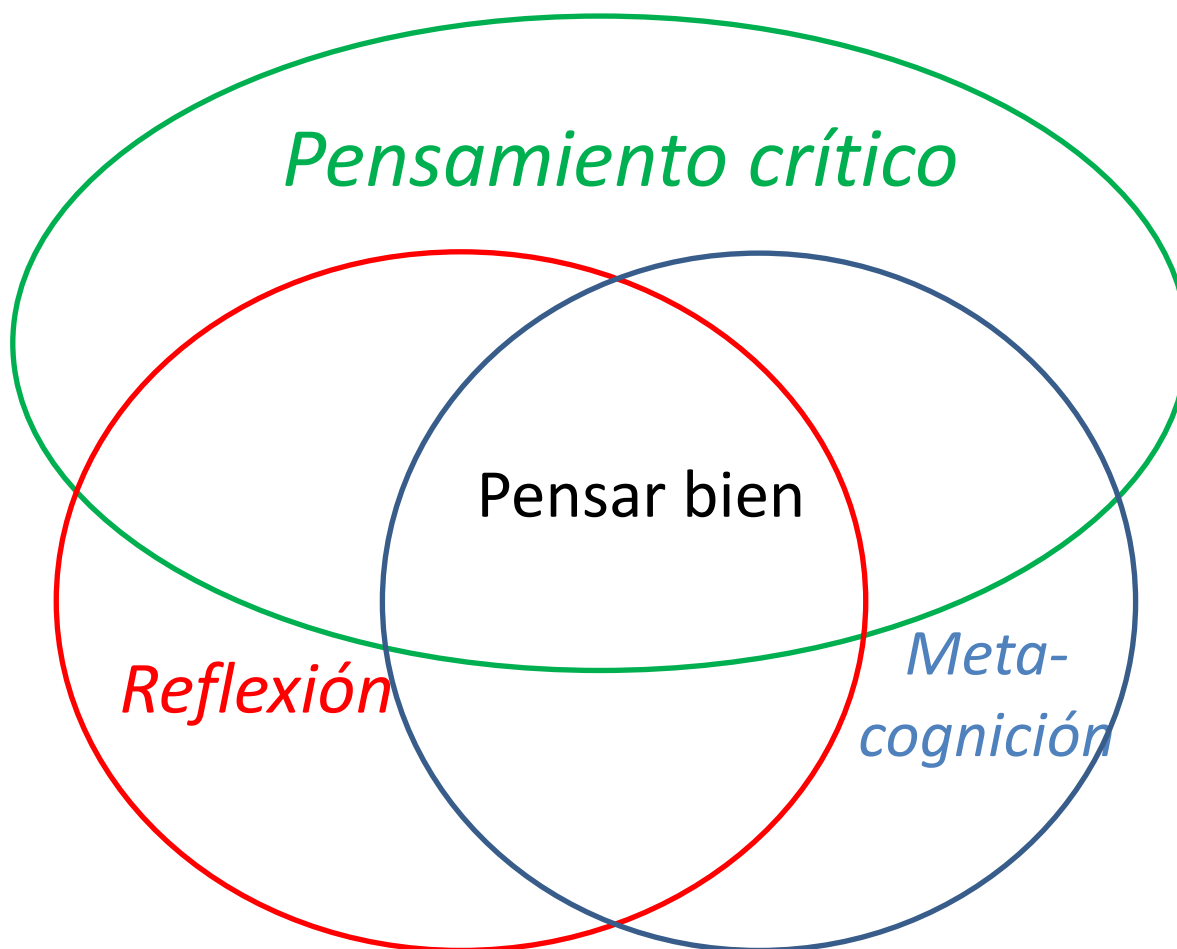


Figura 1.- Relaciones mutuas de convergencia entre pensamiento crítico, reflexión y meta-cognición (adaptada por los autores de Ford y Yore, 2014).

La Figura 1 visualiza y resume las relaciones mutuas entre los tres conceptos psicológicos. Estas relaciones se traducen y amplían también de una manera natural al caso del pensamiento científico teniendo en cuenta la concomitancia de este con el pensamiento crítico. Precisamente, esta concomitancia y las relaciones de la figura sugieren un razonamiento muy básico y simple, pero que tiene amplias implicaciones para mejorar la enseñanza/aprendizaje de las ciencias: si las destrezas de PC requieren meta-cognición y reflexión para su preparación, desarrollo y logro, su concepto análogo en la educación científica, el pensamiento científico, también requerirá meta-cognición y reflexión. En conclusión, el logro de las destrezas de pensamiento científico será muy difícil en la práctica a través de los procesos de enseñanza/aprendizaje de la ciencia si no se aplican estrategias de meta-cognición y reflexión en la educación del pensamiento (Ford y Yore, 2014).

Siguiendo una línea argumental semejante, Fadel, Bialil y Trilling (2015) proponen una nueva educación para el siglo XXI basada en cuatro dimensiones: conocimiento (moderno, alfabetizador e interdisciplinar), destrezas (pensamiento crítico, creatividad, comunicación y colaboración), carácter personal (atención, curiosidad, valentía, resiliencia, crítica y liderazgo), y meta-aprendizaje (prácticamente identificado con metacognición). La intersección de las cuatro dimensiones en un diagrama de Venn (semejante a la Figura 1) constituye el nuevo aprendizaje del siglo XXI, cuyas concomitancias con el modelo propuesto aquí para el pensamiento son manifiestas.

Argumentación en ciencias y pensamiento crítico

La historia, filosofía y sociología de la ciencia destacan la humanidad, contextualización y racionalidad del conocimiento científico basado en pruebas. La enseñanza tradicional de la ciencia transmite conocimientos (conceptos, leyes, procesos y teorías de la ciencia), como verdades irrevocables basadas en observación y experimentos. Esta metodología reduccionista disminuye la eficacia de la enseñanza, pues al olvidar las bases socio-epistémicas de la ciencia, aliena a los estudiantes, porque les ofrece menos vías alternativas, limita sus oportunidades de explorar las ideas de la ciencia, de trabajar cooperativamente y apoyarse mutuamente en el aprendizaje y de pensar creativa y críticamente. En este apartado se presenta sucintamente la investigación sobre argumentación, como continuación de la línea de justificación de este estudio: la enseñanza del tema innovador de la argumentación requiere y está relacionada con las destrezas de pensamiento crítico; la argumentación es el núcleo epistemológico del pensamiento científico, además de ser también una destreza central del pensamiento crítico, y por ello, las actividades de argumentación deberían ser un tema transversal de la educación científica para superar las limitaciones anteriores (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008).

El concepto de argumentación contiene una multiplicidad de significados. Por un lado, se refiere al proceso de construcción de una conclusión y su justificación basada en datos; por otro, argumento se refiere a los resultados sustantivos del proceso. El razonamiento es la organización de una serie de ideas para alcanzar una conclusión y se asocia con el proceso que desarrolla normas, criterios y métodos para interpretar, evaluar y construir razonamientos útiles a la complejidad e incertidumbre del pensar diario (van Eemeren et al. 1996). Según estos autores las principales formas de argumentación son analítica, dialéctica y retórica, mientras Milne (2011) propone cuatro: lógico-deductiva, analógica, inductiva y abductiva. La argumentación tiene también una doble cara, individual o intra-psicológica (cada persona produce individualmente discursos razonados), y social o inter-psicológica, que se refiere al proceso dialógico de debatir ideas entre personas (García-Mila y Andersen, 2008; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008).

Toulmin (2007) considera la argumentación como un diálogo retórico y dialéctico, porque su función es persuadir a alguien de la validez de una

conclusión, un esquema que es aplicable también a la argumentación de los propios científicos cuando comunican resultados. Toulmin propuso un patrón de argumento (TAP) cuyos elementos básicos son la conclusión y sus justificaciones, basadas en datos/pruebas; otros elementos son refutaciones, conocimiento básico y calificadores. El TAP ha sido usado extensamente en la investigación didáctica sobre argumentación.

La implicación de los estudiantes en actividades de argumentación, y su calidad, es influida por una multiplicidad de variables (ver varios capítulos de Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008). La cultura del aula (permissiva o restrictiva de la expresión de ideas) y el papel del profesor son determinantes, pero también otros supuestos implícitos como el contexto del tema elegido para argumentar (científico, NdC, socio-científico, etc.) y los principios de la práctica de la argumentación (aprendizaje cognitivo, andamiajes, alumnos como productores de conocimiento, diálogo, metacognición y evaluación) influyen en la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2008). Las ideas epistemológicas personales, en particular, el estadio de desarrollo epistemológico (Kuhn, 1999), la comprensión de NdC (McDonald y McRobbie, 2012) y la reticencia a criticar las ideas de otros o a tomarlas en consideración son otros factores influyentes (García-Mila y Andersen, 2008). Las ideas epistemológicas inadecuadas hacen improbable la implicación en debates, pues anulan la disposición básica a aceptar que las proposiciones requieren pruebas para ser sostenidas y que están abiertas a la refutación.

Según Kuhn (1999) el desarrollo evolutivo de la conciencia epistemológica tiene cuatro niveles:

Pre-absolutista o realista: el conocimiento es una copia de la realidad externa,

Absolutistas o positivistas: los hechos son siempre correctos o incorrectos,

Multiplistas o relativistas: todas las opiniones son igualmente válidas, y

Evaluativistas: los juicios son susceptibles de ser evaluados según criterios.

Los realistas (niños hasta unos 4 años) constituyen el nivel más elemental y los evaluativistas el nivel superior, generalmente alcanzable por los adultos, aunque no todos. Los absolutistas y los multiplistas difícilmente se implicarán en debates de argumentación, pero por razones opuestas: aquellos por su defensa de las verdades absolutas y estos porque creen que todo es igualmente válido. La pertenencia a uno u otro nivel depende del campo de conocimiento, y los estudios demuestran que apenas la mitad de los adultos alcanzan el estadio superior (evaluativista) en el campo de los juicios de verdad, propio de la ciencia. Teniendo en cuenta que el absolutismo se inicia en la niñez y el multiplismo relativista despierta en la adolescencia, parece obvio que las creencias epistemológicas constituyen el principal obstáculo para desarrollar argumentación y pensamiento crítico en la escuela y, por ello, los contextos de NdC son necesarios para educarlos (Kuhn, 2012).

Algunos estudios (p.e. García-Mila y Andersen, 2008; McDonald y McRobbie, 2012) sintetizan las dificultades generales que aparecen en el desarrollo de las actividades de argumentación en el aula de ciencias en las siguientes:

muchos estudios detectan idénticos fallos, tales como ignorar datos y justificaciones, introducir inferencias y reinterpretaciones, saltar a las conclusiones y cierta imposibilidad de evaluar o admitir contraargumentos y pruebas contrarias,

los estudiantes tienen pocas oportunidades explícitas de implicarse en actividades de argumentación,

la edad y los conocimientos previos influyen mucho sobre la argumentación

la complejidad de la relación entre conocimientos previos y argumentación.

Para mejorar la argumentación en las aulas de ciencias, Chin y Osborne (2010) propusieron un instrumento de análisis del desarrollo de auto-explicaciones. Un estímulo inicial (p.e. demostración, suceso anómalo, problema, etc.) puede conducir a una proposición de observación que intenta dar sentido y explicar los datos del estímulo. Si la proposición no contiene elementos inesperados se elabora mediante auto-explicaciones y justificaciones que la apoyan. Pero si en la proposición hay elementos inesperados, puede estimular un conflicto que dispara el auto-cuestionamiento y conduce a otra auto-explicación; paralelamente, el conflicto se podría trasladar a un grupo que coopera en elaborar la idea, aportando nuevos acuerdos, refutaciones, contraargumentos, explicaciones o calificadores. El conjunto de pruebas, justificaciones, respaldos, calificadores, refutaciones y contraargumentos son los productos de la argumentación.

Factores influyentes sobre la argumentación relacionados con el pensamiento científico y el pensamiento crítico

Como continuación de la línea de justificación de las relaciones entre pensamiento crítico y pensamiento científico, se añade una línea incipiente que muestra las importantes relaciones entre argumentación y las otras dos áreas innovadoras de la educación científica (NdC y socio-científicos), a través de los estudios que la avalan.

En didáctica de la ciencia muchas actividades de argumentación se realizan principalmente en el aula y los contextos más usados son dos (Osborne, Erduran y Simon, 2004): temas científicos del currículo escolar (bien de NdC u otros) y temas socio-científicos o dilemas sociales relacionados con principios y prácticas científicas complejas (Sadler y Fowler, 2006). En general, los resultados de la argumentación sobre temas socio-científicos son mejores que sobre temas curriculares.

Relaciones entre ideas sobre naturaleza de la ciencia y argumentación

La importancia de usar contextos de NdC surge de considerarse un componente central de la alfabetización científica para todos o competencia científica (Hodson, 2008; Millar, 2006). Así lo reconocen prácticamente el

proyecto PISA (OCDE, 2008) o la publicación en USA de "Next Generation Science Standards" (NGSS) en 2013, que aporta una visión curricular reforzada, simplificada y renovada. Los temas de NdC son complejos por su carácter de meta-conocimientos y por la interacción dinámica entre sus rasgos, que los categoriza como conocimientos condicionales (la ciencia es... pero también es... y en determinadas situaciones podría ser...etc.); por ello, su aprendizaje requiere procesos de reflexión y convicción, que los aproxima a las destrezas de pensamiento crítico. Por esta complejidad, el éxito de la enseñanza innovadora de NdC depende de diversos factores, que el meta-análisis de Deng, Chen, Tsai y Chai (2011) 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 destrezas de argumentación y pensamiento crítico, y aquí surge de nuevo la convergencia entre enseñanza de NdC, argumentación y pensamiento crítico, que este estudio pretende justificar. Por ejemplo, Gold (2002) propuso que las destrezas de pensamiento crítico deberían enseñarse a través de actividades del currículo científico seguidas de debate y reflexión entre los alumnos. Swarts y Parks (1994) demostraron que cuanto más explícita es la enseñanza de destrezas de pensamiento crítico, más eficaz es el aprendizaje y sus aplicaciones. Análogamente, respecto a la argumentación, las actividades explícitas de enseñanza de NdC parecen mejorar los resultados de argumentación en el aula, sin olvidar la influencia de la cultura de aula y de los andamiajes del profesor, que impregnan la enseñanza (Jiménez-Aleixandre, 2008).

La práctica de la argumentación reta a los estudiantes a buscar razones sólidas para creer en una idea u otra y su uso didáctico se ha relacionado con la mejora del aprendizaje de la ciencia y la comprensión de la NdC, porque admitiendo explicaciones e interpretaciones plurales y tentativas, el estudiante tiene la posibilidad de superar sus tradicionales concepciones positivistas sobre la ciencia y cambiarlas por otras más informadas y actuales.

Las escasas investigaciones acerca de la relación entre ideas sobre NdC y argumentación han sido revisadas por McDonald y McRobbie (2012); detectan el uso de dos contextos principales, temas socio-científicos y temas científicos, y plantean las relaciones en una doble dirección: NdC sobre argumentación y viceversa. En general, los estudios del contexto socio-científico enfatizan más los procesos de toma de decisiones de los estudiantes, a partir de las argumentaciones, mientras el segundo contexto enfatiza más concepciones de investigación y epistemología, pues las tareas de investigación de los estudiantes, tales como desarrollar, construir, defender y evaluar argumentos

y explicaciones científicas, requieren cierta comprensión epistemológica para apoyar sus decisiones.

Según esos autores, la influencia de las ideas de NdC sobre la argumentación es más clara en contextos científicos (mejora la implicación en argumentación), que en contextos socio-científicos (hallazgos menos claros). Recomiendan la enseñanza explícita, tanto de NdC como de argumentación, para el mejor desarrollo de ideas sobre NdC y, en ambos contextos, usar estrategias didácticas de apoyo a los estudiantes, para que reconozcan la importancia de sus ideas sobre NdC para sus argumentaciones.

El análisis de la influencia inversa de la argumentación sobre las ideas de NdC les lleva a concluir que la implicación en argumentación puede mejorar las ideas de NdC. Pero esta conclusión tiene dos matices: consideran que sin enseñanza explícita de NdC no hay pruebas empíricas de que mejoren las ideas de NdC; en segundo lugar, diversos factores (andamiajes epistemológicos, conocimientos suplementarios, ideas previas, etc.) actúan como mediadores entre la argumentación y las ideas de NdC, que les lleva a recomendar el uso de enfoques educativos basados en argumentación que incorporen enseñanza explícita de NdC.

Argumentación y pensamiento crítico en los currículos educativos

En este apartado se trata de demostrar que los conceptos desarrollados antes tienen sus correlatos en el currículo actual. El principal correlato curricular, aunque no exclusivo, se relaciona con la universalización de las competencias clave, entendidas como una integración creativa, flexible y responsable de conocimientos, destrezas, creencias, valores y actitudes, exigidos para la realización de una tarea, y que expresan la transferencia de aprendizajes (Revista de Educación; RE, 2013).

La Unión Europea adoptó en 2006 un marco de competencias clave del aprendizaje permanente, como factor fundamental de la formación general para la innovación, la productividad y la competitividad (general, pero también personal, para hacer excelentes ciudadanos, mejores en pensar para sí mismos y para su comunidad). En España, la Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006 propuso ocho competencias básicas (matemática, comunicación, artística y cultural, tratamiento de la información y competencia digital, social y ciudadana, conocimiento e interacción con el mundo físico, aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal), que se reformularon en 2015 en siete (comunicación lingüística, matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender, competencias sociales y cívicas, iniciativa y espíritu emprendedor y conciencia y expresiones culturales).

Según la caracterización del pensamiento crítico expuesta antes, resulta que las destrezas de pensamiento crítico 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 crítico); 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 crítico); la competencia lingüística es clave para 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 argumentación, pensamiento crítico y NdC.

Otros indicadores acerca de la presencia del pensamiento crítico y la argumentación en los currículos escolares se derivan de un análisis empírico de contenidos del marco europeo sobre competencias y del currículo escolar español (texto de la LOE, competencias básicas y currículo de ciencias de la ESO). Este análisis ha consistido en computar las frecuencias de las voces "argumento" y "crítico" en los currículos citados y sus resultados aportan una prueba empírica de las relaciones entre pensamiento crítico, argumentación y currículo.

El marco europeo cita 7 veces la voz "crítico", la mayoría de ellas (4) en la competencia digital, acerca del uso crítico y la actitud crítica ante las TIC, y además cita las TIC como un apoyo al desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y la innovación. Las restantes citas se sitúan en el apartado actitudinal (disposiciones de pensamiento crítico) de las competencias comunicación, científica y cívica, como una disposición al diálogo crítico, al juicio y curiosidad críticos y a la reflexión crítica y creativa, respectivamente. La voz argumento aparece tres veces, en la comunicación lingüística (expresar argumentos propios) y en la competencia científica (evaluar cadenas argumentales y encontrar argumentos y evaluar su validez).

La voz "crítico" aparece en la LOE 16 veces. En el preámbulo (3) se refiere a la educación como medio para garantizar el ejercicio de la ciudadanía crítica, la valoración crítica de las desigualdades y la participación en la vida con actitud crítica y responsable (dimensión social), rasgos que se reiteran en los fines de la educación. En la educación primaria se propone desarrollar actitudes de sentido crítico en el aprendizaje y en la utilización de las TIC con espíritu crítico. Los principios generales de educación secundaria obligatoria, proponen desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos, y entre los objetivos de esta etapa se reitera el anterior, así como desarrollar el sentido crítico y valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora. Análogamente, los objetivos del bachillerato proponen consolidar una madurez personal y social que permita desarrollar espíritu crítico, valorar críticamente las desigualdades, conocer y valorar críticamente las realidades del mundo, conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología y afianzar el espíritu emprendedor con sentido crítico.

El texto legal de las competencias básicas contiene tantas referencias a la voz crítico (18) como la propia ley y son las siguientes: formar un juicio crítico, tener en cuenta opiniones distintas a la propia con sensibilidad y espíritu crítico, demostrar espíritu crítico en la observación de la realidad, analizar la información de forma crítica, afrontar la toma de decisiones, racional y críticamente, comprensión crítica de la realidad, enjuiciar los hechos y problemas sociales e históricos... de forma global y crítica, construir escalas de valores mediante la reflexión crítica, reflexionar críticamente sobre los conceptos de democracia, libertad, igualdad,... adquisición y aplicación de...la autocrítica..., adaptarse críticamente (al cambio y la innovación), evaluar acciones o proyectos...con sentido crítico, valorar críticamente diferentes manifestaciones culturales y artísticas y actitud abierta, respetuosa y crítica hacia la diversidad de expresiones artísticas y culturales.

La ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, de mejora de la calidad educativa (LOMCE), mantiene todas las referencias anteriores, añadiendo en su preámbulo una declaración acerca del pensamiento crítico como competencia transversal que debe aprenderse tempranamente.

Los currículos de las asignaturas escolares reiteran las referencias ya explicitadas, contextualizadas en cada asignatura. No se repiten para evitar reiteraciones, pero sirvan como ejemplos las siguientes tomadas del currículo de ciencias: valorar críticamente las tecnologías de la información, la explotación, el maltrato o la muerte de seres vivos, los hábitos no saludables o los avances en ingeniería genética.

La voz argumentación no aparece en LOE ni LOMCE. Las primeras referencias aparecen en las competencias básicas, y más específicamente en las competencias matemática y científica, donde se incluyen la habilidad para interpretar y expresar con claridad y precisión ... argumentaciones, seguir cadenas argumentales identificando las ideas fundamentales y estimar y

enjuiciar la lógica y validez de argumentaciones e informaciones, comprender una argumentación matemática y argumentar racionalmente... partiendo del conocimiento del cuerpo humano, de la naturaleza y la interacción de hombres y mujeres con ella...

Los currículos de ciencias en la educación secundaria contienen referencias específicas a la argumentación. El objetivo general número 3 propone la capacidad de los alumnos de "comunicar argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia". En los criterios de evaluación se hace referencia a "describir razonadamente observaciones y procedimientos científicos que han permitido avanzar en el conocimiento del Universo, de modo que el alumno comprenda los principales argumentos que justifican el desarrollo de las teorías astronómicas y su evolución histórica". También se hace referencia a la argumentación sobre los problemas relacionados con la naturaleza, en general, y en particular, sobre "las razones que justifican actuaciones y decisiones individuales y colectivas para evitar el deterioro del medio ambiente".

Existen otras citas más indirectas de pensamiento crítico o argumentación en los denominados temas comunes de las asignaturas de ciencias, que plantean temas de procedimientos, historia, filosofía y sociología de la ciencia. Por ejemplo, el uso de la información de carácter científico para formar una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre los problemas relacionados con la naturaleza; también en todos los cursos, explicar, extraer conclusiones o inferencias, tomar decisiones, plantear hipótesis, experiencias o resolución de problemas, que conectan con destrezas de razonamiento, pensamiento científico y pensamiento crítico.

En suma, las destrezas cognitivas de pensamiento crítico y argumentación aparecen en las referencias normativas educativas y curriculares, pero de una manera anecdótica y poco estructurada, que parece insuficiente para que lleguen al aula. Los procesos de transposición didáctica aplicados por los profesores tienden a privilegiar la cobertura de los contenidos conceptuales, y a oscurecer los elementos curriculares relativos a las destrezas de pensamiento, a pesar del imperativo de la LOMCE a la atención temprana al pensamiento crítico, y se sobreentiende que continuada.

Formación del profesorado para infundir el pensamiento en el currículo

Pensar críticamente equivale a pensar cuidadosamente, y esta competencia es universal, transversal y una tarea educativa irrenunciable a largo plazo (desde una educación temprana). Para lograr estos cambios se requiere innovar el currículo científico en el sentido apuntado (superar el enfoque positivista tradicional y organizar la enseñanza para pensar) y, además, formar al profesorado para llevar a cabo la infusión de las estrategias de pensamiento. Ambas cuestiones se discuten seguidamente para concretar las reflexiones anteriores.

Algunas investigaciones muestran las deficiencias del pensamiento crítico de los profesores (El-Sawaf, 2007). Es prioritario formar el pensamiento de los

profesores para que estos enseñen a pensar a sus alumnos; después, aún quedaría lograr transferir realmente esa formación a las prácticas de enseñanza (donde están implicadas la libertad y la voluntad personales), un obstáculo compartido también con NdC y otra coincidencia más entre pensamiento científico, argumentación y pensamiento crítico (Höttecke y Silva, 2011; Lederman, 1999).

El objetivo final es que los profesores amalgamen el conocimiento didáctico del contenido (CDC) requerido para enseñar destrezas de pensamiento crítico (Loughran, Berry y Mulhall, 2012). Con esas finalidades, las categorías para formación de profesores propuestas por Osborne et al. (2004) a través del aprendizaje colaborativo y el uso de materiales innovadores, se han elaborado para conformar la siguiente propuesta de formación y desarrollo profesional del profesorado.

Conocimiento de contenidos. Conocimientos teóricos acerca de la argumentación, NdC y pensamiento crítico, recursos materiales y estrategias para desarrollar las destrezas de pensamiento.

Conocimiento didáctico. Gestión de técnicas para discusión y reflexión en grupos y formación sobre evaluación de la argumentación, NdC y pensamiento crítico. Conocimiento del currículo para elegir los puntos más adecuados para hacer en ellos la infusión de las prácticas del pensamiento.

Conocimiento didáctico del contenido. Tomar la decisión, apropiarse de los contenidos y prácticas y modelado de lenguaje apropiadas a la axiología personal para enseñar a los estudiantes argumentación, NdC y pensamiento crítico.

Este modelo de formación requiere disposiciones adecuadas para el desarrollo profesional, como el esfuerzo a largo plazo, la importancia del compromiso personal y colectivo, elaborar programas inclusivos y no elitistas, la relación con las metas curriculares y la formación continua sobre didáctica del pensamiento. Las administraciones educativas y escuelas deberían afrontar las decisiones para ello.

El desarrollo curricular base para enseñar a pensar bien tiene dos aspectos clave: uno evolutivo (estándares de aprendizaje adecuados a la edad) y otro metodológico, que podrían aportar mayor eficacia a la enseñanza del pensamiento en la escuela. Por un lado, hay que tener en cuenta las etapas del desarrollo evolutivo psicológico (p.e. Piaget e Inhelder, 1997) y epistemológico (Kuhn, 1999). Aunque las destrezas cognitivas de alto nivel no se desarrollan hasta la pre-adolescencia, en los niños se pueden poner bases del desarrollo temprano del pensamiento, partiendo de la curiosidad natural infantil, el planteamiento de preguntas, los experimentos simples para observar, comparar y contrastar, la lectura comprensiva y la escritura precisa, la discusión cooperativa en grupo, la reflexión, etc. Se propone un ejemplo de progresión de aprendizaje del pensamiento con actividades por estadios (Anexo).

Las grandes dificultades de los estudiantes para realizar tareas de argumentación con base en pruebas, típicas de la ciencia, son también la raíz de las dificultades en el aprendizaje de la NdC y pensamiento científico y, por ende, de la ciencia en general, mediante debate y reflexión. Puesto que implicarse en pensamiento crítico y argumentación con calidad, reconocer pruebas, debatir y reflexionar son estrategias cognitivas entrelazadas entre sí, la conclusión natural de esta propuesta es promover desde los primeros grados de la educación la enseñanza de estas destrezas de pensamiento crítico, como objetivo transversal a las disciplinas; en el aprendizaje de la ciencia puede lograrse esa meta a través de la comprensión de la NdC (como medio) y con el fin de aprender a argumentar, y en general, para mejorar el pensamiento de los ciudadanos en su vida diaria. Como tarea de futuro de esta idea es el desarrollo de una progresión de aprendizaje longitudinal y coherente, donde la práctica singular de la argumentación, la distinción entre pruebas e inferencias, la reflexión explícita, la discusión de controversias socio-científicas, etc. deberían ser bases generales para enseñar a pensar en el marco de la educación científica.

Conclusiones

La línea global desarrollada pretende justificar la similitud entre los procesos y destrezas de pensamiento científico, NdC y argumentación, propuestas en el marco de la didáctica de la ciencia, con las destrezas cognitivas denominadas pensamiento crítico, propuestas en el marco de la psicología. En algunos casos, esta similitud es una identidad, pues se basa en usar el mismo nombre (p.e. argumentación es la espina dorsal del pensamiento crítico y de la competencia científica), pero en la mayoría de las destrezas, la semejanza es cognitiva (identidad de cogniciones) e instrumental (identidad de problemas, necesidades de enseñanza o enfoques de evaluación). Estas similitudes permiten concluir que la educación científica es un contexto específico apropiado para contribuir a desarrollar y practicar las destrezas de pensamiento crítico, a pensar cuidadosa, creativa y críticamente y a trabajar dialógica y cooperativamente en el aula como ya se ha sugerido (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012; Simonneaux, 2014, Zoller y Nahum, 2012). Complementariamente, este análisis sugiere que la vía inversa (educar las destrezas transversales de pensamiento crítico) puede ser una solución global a las grandes dificultades de aprendizaje del pensamiento científico, NdC y argumentación en la enseñanza de las ciencias (Vázquez, 2014).

La epistemología positivista de la ciencia considera factores del pensamiento científico solo la deducción lógica y matemática; esta orientación, que es dominante en la práctica escolar y creencias de los profesores, no es compatible con el enfoque de la ciencia como pensamiento crítico, NdC o argumentación, que requieren apertura a distintas ideas y explicaciones. Por ello, incluir pensamiento crítico y pensamiento científico como contenidos de enseñanza en la ciencia es difícil, pues exige a los profesores cambiar el enfoque positivista de enseñar verdades indiscutibles y cambiar el reducido papel de los estudiantes a aceptarlas, para adoptar otro proyecto más

esforzado de pensar mucho y bien (la vía lenta de Kahneman, 2012), que busca razones persuasivas sobre la validez de las proposiciones tras escrutar varias alternativas. Este cambio ofrece a los estudiantes la oportunidad de elaborar juicios, mediante argumentación, basados en pruebas y conocimientos científicos, pero exige el dominio de procesos y destrezas cognitivas de pensamiento crítico, que facilitarían el aprendizaje (Kuhn, 2012).

En resumen, este estudio ofrece la elaboración de una conexión entre tres grandes aspectos como son la competencia científica en relación con la naturaleza de la ciencia, y el pensamiento crítico, con énfasis en la argumentación, a partir de la revisión bibliográfica de referentes que relacionan alguna dimensión de esos tres aspectos. El estudio toma como base esa revisión para elaborar una propuesta concreta acerca del objetivo de proponer la educación decidida de las destrezas de pensamiento crítico para resolver las dificultades cognitivas identificadas especialmente en los tres aspectos innovadores de investigación en didáctica de las ciencias señalados antes. Específicamente, se elabora una progresión de aprendizaje integral para educar la argumentación a lo largo de todas las etapas del sistema educativo. En términos generales los autores sugieren la necesidad de un compromiso decidido con la educación de las destrezas de pensamiento mediante infusión explícita en el currículo y metodologías de trabajo cooperativo, que estimulen la reflexión de los estudiantes sobre las cuestiones de aprendizaje, para ir más allá de la mera comprensión.

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 bibliográficas

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.

Claxton, G. (2014). School as an epistemic apprenticeship: the case of building learning power. *Infancia y Aprendizaje*, 37(2), 227-247.

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.

El-Sawaf, M. M. F. (2007). *Educational beliefs development with pre- and in-service teachers using Perry's model: a cross-cultural study*. PhD Thesis, University of Glasgow.

Erduran, S., y Dagher, Z. R. (Eds.) (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Dordrecht: Springer.

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.

Gold, K. (2002). *Thinking: the next big idea*. TES: Website. TES: Website more than a job. Recuperado de http://www.tes.co.uk/section/story/?story_id=365216.

Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.

Höttecke, D., y Silva, C. C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge - An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20(3), 293–316.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing Argumentation Learning Environments. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115). New York: Springer.

Jiménez-Aleixandre, M. P., y Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). New York: Springer.

Jiménez-Aleixandre, M. P., y Puig, B. (2012). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie

(Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1013). Dordrecht: Springer.

Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Madrid: Debate

Kuhn, D. (1999). A Developmental Model of Critical Thinking. *Educational Researcher*, 28(2), 16-25.

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.

Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Lederman, N. G., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L., y Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

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.

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.

Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 7-18.

Millar, R. (2006). Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.

Milne, C. (2011). *The Invention of Science: Why History of Science Matters for the Classroom*. Rotterdam: Sense Publishers.

Mintzes, J. J. Wandersee, J. H., y Novak, J. D. (Eds.) (2005). *Teaching Science for Understanding*. Burlington: Academic Press.

NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Norris, S. P., y Ennis, R. H. (1989). *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.

Norris, S. P. (1985). The Choice of Standard Conditions in Defining Critical Thinking Competence. *Educational Theory*, 35, 97-107.

OCDE (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana Educación.

Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand? A lesson and a challenge for cognitive modelling. En P. Reimann y H. Spada (Eds.), *Learning in Humans and Machines* (pp. 37-62). Oxford: Elsevier.

Osborne, J., Erduran, S., y Simon, S. (2004). *The IDEAS Project*. London: King's College London.

Perkins, D. (1993, October). Teaching and learning for understanding. *NJEA Review*, 67 (2), 10-18.

Piaget, J., y Inhelder, B. (1997). *Psicología del niño*. Madrid: Ediciones Morata,

RE (2013). Competencias básicas: retórica y realidad. *Revista de Educación*, nº extraordinario. Madrid: MECED.

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.

Smith, C., Kelly, F., y Mackenzie, S. (2010). *A teaching tool for supporting scientific thinking through investigations and other teaching methods*. Written for S-Team Workpackage 5. University of Strathclyde Education.

Swarts, R., y Parks, S. (1994). *Infusing the teaching of critical and creative thinking into content instruction: A lesson design handbook for the elementary grades*. California: Critical Thinking Press and Software.

Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.

Van Eemeren, F.H. Grootendorst, R. H., Snoeck Blair, F., Johnson, J. A., Krabbe, R. H., Plantin, E. C. W., ... Zarefsky, D. (1996). *Fundamentals of Argumentation Theory: A Handbook of Historical Backgrounds and Contemporary Developments*. Mahwah: Erlbaum.

Vázquez, A. (2014). Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación en la Formación de Docentes en Educación CTS en el contexto del siglo XXI. *Uni-pluri/versidad*, 14(2), 37-49.

Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.

Zoller, U. y Nahum, T. L. (2012) From Teaching to KNOW to Learning to THINK in Science Education. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 209-230). Dordrecht: Springer.

Zeidler, D. L., Berkowitz, M. W. y Bennett, K. (2011). Thinking (Scientifically) Responsibly: The Cultivation of Character in a Global Science Education Community. En M. P. Mueller, D. J. Tippins y A. J. Stewart (Eds.), *Assessing Schools for Generation R (Responsibility): A Guide for Legislation* (pp. 83-100). Dordrecht: Springer.

Zohar, A. y Dori, Y. J. (Eds.) (2014). *Metacognition in Science Education*. Dordrecht: Springer.

Anexo 1.- Progresión de actitudes y destrezas para la enseñanza y el aprendizaje basados en el pensamiento, con algunas propuestas ejemplares de actividades de pensamiento contextualizadas en la didáctica de la ciencia.

Edades/ grados	Actividades de pensamiento	Actitudes y destrezas
3-5 años/ (Preescolar)	Hacer preguntas: ¿Qué es? ¿Qué sabemos? ¿De dónde viene? ¿Cómo es posible?,... Juegos de caja negra (¿adivina que hay dentro?). Comparar, contrastar, clasificar hechos y objetos. Proponer predicciones, consecuencias.	Pensar de manera independiente. Desarrollar un razonamiento simple incipiente. Aclarar y analizar el significado de palabras o frases. Precisar situaciones, conclusiones o creencias. Notar semejanzas y diferencias significativas. Trabajo colaborativo/social. Usar diagramas de Venn, organizadores.
6-11 años/ grados 1-6 (Primaria)	Hacer preguntas: ¿Cuál es la pregunta? ¿Cuál es el problema? ¿Qué pasa?, ... La investigación del medio ambiente. Observar y medir objetos y sucesos de interés (comparar, contrastar, clasificar). Generar interpretaciones y conexiones. Comunicar ideas interpretativas como hipótesis. Argumentar ideas con pruebas. Analizar casos de cambios del conocimiento científico. Una diversidad de científicos contribuyen al conocimiento. Juegos de descubrir patrones (p.e. juegos de dados, cuadrado, cajas negras). Introducción a las falacias de pensamiento.	Desarrollar un pensamiento cuidadoso. Desarrollar la percepción de egocentricidad o sociocentricidad ejerciendo un pensamiento justo. Desarrollar la perspectiva personal: crear y explorar creencias, argumentos o conclusiones. Leer críticamente: aclarar o examinar críticamente los textos. Escuchar críticamente: el arte del diálogo en silencio. Distinguir los hechos relevantes de los irrelevantes. Desarrollar la buena fe o integridad intelectual. Reconocer las contradicciones. Trabajo colaborativo/social Usar diagramas de Venn, organizadores.
12-15 años/ grados 7-10 (Secundaria)	Hacer preguntas: ¿Cuál son las ventajas/desventajas? ¿Qué objetivo propongo? ¿Cómo afrontamos la solución?, ... Leer artículos de divulgación científica de manera crítica. Resolver problemas que involucran a ciencia, tecnología y sociedad.	Desarrollar un pensamiento sólido (coherente y cuidadoso). Explorar pensamientos subyacentes a los sentimientos y los sentimientos subyacentes al pensamiento. Desarrollar humildad intelectual y suspensión del juicio. Comparar situaciones análogas: transferir las percepciones interiores a nuevos contextos.

	<p>Hacer hipótesis para explicar una serie de resultados. Diseñar un experimento: el papel guía de las teorías. Debates sobre temas científicos: la objetividad inter-subjetiva. Juegos cooperativos (cartas, leopardo, hipoteca, crucigramas). Falacias de pensamiento (iniciación).</p>	<p>Pensar de manera precisa acerca del pensamiento: usar vocabulario crítico. Hacer inferencias plausibles, predicciones o interpretaciones. Usar diagramas de Venn, organizadores. Trabajo colaborativo/social.</p>
<p>16–17 años/ grados 11–12 (Bachillerato)</p>	<p>Hacer preguntas: ¿Cuál es la mejor decisión/solución...? ¿Cómo pongo en práctica una idea? ¿Cómo definiendo una idea? ¿Cómo sé lo que sé?, ... Debatir y discutir controversias y misterios científicos. Realización de experimentos inusuales. Predecir lo que puede ocurrir bajo ciertas condiciones. Probar una hipótesis que se ha generado después de una observación. Debatir temas socio-científicos actuales y reales. Juegos (cartas, leopardo, hipoteca, crucigramas). Falacias de pensamiento (frecuentes).</p>	<p>Desarrollar un pensamiento preciso (sólido, coherente y cuidadoso). Desarrollar la valentía intelectual. Desarrollar la perseverancia intelectual. Desarrollar confianza en la razón. Refinar las generalizaciones y evitar las sobre-simplificaciones. Desarrollar el criterio para la evaluación: aclarar valores y estándares. Practicar discusiones Socráticas: aclarar y cuestionar creencias, teorías. Evaluar la credibilidad de las fuentes de información. Razonar a manera de diálogo: comparar perspectivas, interpretaciones o teorías. Dar razones, evaluar la evidencia y los supuestos hechos. Explorar implicaciones y consecuencias. Trabajo colaborativo/social. Usar diagramas de Venn, organizadores.</p>
<p>> 18 años/ (Educación Superior)</p>	<p>Hacer preguntas: ¿Cuál es el mejor diseño...? ¿Cómo pongo en práctica una idea? ¿Cómo definiendo una idea? ¿Quiénes son beneficiados/perjudicados), ... Discutir controversias científicas históricas. Diseño de experimentos. Progreso de la ciencia acumulativo y paradigmático. El conocimiento científico está infra-determinado por la evidencia. Aproximación a la verdad del</p>	<p>Desarrollar un pensamiento total (preciso, sólido, coherente y cuidadoso). Cuestionamiento profundo. Hacer conexiones interdisciplinarias. Analizar o evaluar acciones o políticas. Razonar de manera dialéctica: evaluar las perspectivas, interpretaciones o teorías. Comparar y contrastar los ideales con la práctica. Examinar o evaluar suposiciones. Trabajo colaborativo/social. Usar diagramas de Venn,</p>

	conocimiento científico. Debates sobre temas socio- científicos actuales y reales. Juegos sofisticados (p. e. Eleusis). Falacias de pensamiento (total).	organizadores.
--	---	----------------