

EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA EDUCACIÓN. ALGUNAS CATEGORÍAS CENTRALES EN SU ESTUDIO.

Oscar Eugenio Tamayo A.*

Rodolfo Zona**

Yasaldez Eder Loaiza Z.***

Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111–133.

RESUMEN

Uno de los propósitos centrales de la educación se orienta en la formación de pensamiento crítico en estudiantes y maestros en las aulas de clase, para ese propósito es necesario comprender y analizar las diferentes construcciones que se tejen cuando se orientan acciones que conllevan a formar pensadores críticos que potencien cambios en la sociedad actual. Por estas razones se presenta una reflexión teórica que pretende analizar las diferentes perspectivas sobre pensamiento crítico y las principales categorías constituyentes del mismo.

PALABRAS CLAVE: pensamiento crítico, didáctica, argumentación, metacognición, resolución de problemas.

CRITICAL THINKING IN EDUCATION. SOME MAIN CATEGORIES IN ITS STUDY.

ABSTRACT

One of the central aims of education focuses on the training on critical thinking in students and teachers in the classrooms. For that purpose, it is necessary to

* Profesor, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. Correo electrónico: oscar.tamayo@ucaldas.edu.co

** Profesor, Secretaría de Educación de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. Correo electrónico: rodolfozona@hotmail.com

*** Profesor, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. Correo electrónico: yasaldez@ucaldas.edu.co

Recibido 30 de septiembre de 2015, aceptado 18 de noviembre de 2015.

understand and analyze the different constructions that weave when actions leading to form critical thinkers that promote changes in today's society are oriented. For these reasons a theoretical reflection that intends to analyze the different perspectives on critical thinking and their main constituents is presented.

KEY WORDS: critical thinking, didactics, argumentation, metacognition, problem solving.

INTRODUCCIÓN

Sin duda, uno de los propósitos centrales que en la actualidad orienta acciones en los campos de la educación y la pedagogía es la formación de pensamiento crítico. Este tema, con una larga historia en la filosofía, la psicología, la pedagogía y, en general, las ciencias sociales, cobra hoy relevancia. Específicamente desde el trabajo en las aulas de clase, la formación del pensamiento crítico, particularmente en el ámbito de los dominios específicos del conocimiento, se constituye como el propósito central de la didáctica de las ciencias. De tal manera, que la enseñanza y el aprendizaje de principios, conceptos y teorías en los diferentes campos disciplinares pasan a un segundo plano, pues lo que se constituye como fundamental es la formación de sujetos y comunidades que piensen y actúen críticamente con los aprendizajes adquiridos en la escuela. Para ello, se presentan resultados de investigación a partir de las categorías: argumentación, solución de problemas y metacognición, las cuales deben estar presentes, de manera intencionada y consciente, tanto en los procesos de enseñanza de los profesores como en los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

112

Es claro, entonces, que en términos generales el propósito central de la escuela, en todos sus niveles y modalidades, es aportar a la formación integral de los ciudadanos, formación que implica tener en cuenta las diferentes dimensiones del desarrollo humano y social. Desde esta perspectiva amplia de la educación un propósito central es: la formación del pensamiento y, de manera particular, la formación de pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento. Las páginas que se presentan a continuación muestran algunas de las tensiones actuales entre los campos de saber de la pedagogía y de la didáctica, describen con algún detalle los propósitos de la didáctica en función de la enseñanza, el

aprendizaje y, de manera especial, en relación con el objeto central de la didáctica de las ciencias: la formación de pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento.

DIDÁCTICA Y PENSAMIENTO CRÍTICO

En el campo de la didáctica de las ciencias es necesario reconocer que esta se ha ocupado tradicionalmente del estudio de los procesos de enseñanza de las ciencias y, en menor grado, de los procesos de aprendizaje de estas en las aulas de clase. Sin lugar a dudas este énfasis en la enseñanza ha marcado un camino durante varias décadas, en el que se considera a la didáctica como una esfera de la pedagogía encargada de las acciones propias de la enseñanza, es decir, en un saber hacer. Sin embargo, desarrollos más recientes en este campo consideran al aprendizaje como una de las dimensiones en las cuales los maestros deben mostrar sus fortalezas, de tal manera que las acciones de enseñanza que despliegan en sus aulas de clase estén mediadas por el conocimiento detallado de los procesos mediante los cuales los estudiantes aprenden lo que los profesores enseñan.

Desde otra perspectiva, la didáctica de las ciencias se concibe como la relación ternaria entre un saber que es enseñado, un colectivo de profesores que enseña este saber, otro de estudiantes que lo aprende, en el marco de un contexto social determinado. Aquí el propósito de la didáctica está orientado por la adquisición de ciertos saberes.

Una tercera perspectiva, para los autores del presente artículo la más determinante en el actual momento de la didáctica de las ciencias, orienta su objeto de estudio hacia la formación de pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento. Desde este lugar teórico, la didáctica de las ciencias tendría como punto de llegada la constitución de pensamiento crítico en los estudiantes desde cada uno de los campos del saber, para lo cual se valdría, sin lugar a dudas, de la enseñanza de los diferentes conceptos que tradicionalmente se han enseñado y, asimismo, de algunas de las estrategias ya probadas históricamente como de aquellas otras orientadas a lograr mejores comprensiones de lo aprendido por los estudiantes.

Movilizar el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias de la enseñanza –o de la enseñanza–aprendizaje– a la constitución de pensamiento crítico exige nuevas formas de entender las relaciones entre los estudiantes, los profesores y los saberes que circulan en las aulas de clase. Dentro de las razones para proponer esta movilización se pueden citar: la dificultad que tienen los estudiantes para utilizar los conocimientos que tienen en la explicación y comprensión de fenómenos cotidianos, la ineficiencia de las acciones didácticas tradicionales en función de lograr que los estudiantes aprendan los conceptos fundamentales de las ciencias y no una caricatura de ellos, así como su incapacidad para entender el funcionamiento de las máquinas que usan a diario y de aplicar los principios de su funcionamiento (Tamayo, 2009).

Lograr avanzar en la formación de pensamiento crítico en los estudiantes necesariamente se articula con las prácticas pedagógicas y la perspectiva didáctica desde las cuales pensamos y hacemos la enseñanza. En otras palabras, es a partir del actuar del maestro en su contexto de aula como se puede incidir en el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes.

Son múltiples los estudios que en la actualidad se han realizado en cuanto al pensamiento crítico en muy diferentes niveles de la educación. Algunos realizan caracterizaciones más del lado de la filosofía o de la psicología y concluyen, los primeros, con conceptualizaciones referidas a los procesos y productos característicos de las diferentes formas de construcción del conocimiento, mientras, los segundos, se refieren de manera más particular a describir y comprender los principales procesos de pensamiento de los sujetos. Asimismo, los diferentes estudios muestran una variedad importante en cuanto a los acercamientos metodológicos desde los cuales han realizado sus hallazgos y sobre los distintos contextos en los que se ha estudiado el pensamiento crítico, como quedará claro a lo largo del texto.

Las investigaciones realizadas alrededor del pensamiento científico en niños (Spelke, 1991; Puche, 2000) han demostrado que desde que nacen poseen destrezas cognitivas que los hacen sensibles a ciertas propiedades de los objetos, así como a ciertas reglas físicas que los rigen (Spelke, 1991), y que facilitan posteriormente su desempeño en contextos naturales o en los contextos educativos formales. Algunas de estas destrezas se relacionan con el comportamiento inferencial, perceptivo y la capacidad de transformar estímulos en formas más

familiares (Kagan, 1972, citado por Puche, 2000), situación que promueve la discusión alrededor de la tendencia en la cual se asume que la inteligencia inicia con el desarrollo de procesos perceptivos.

De igual manera, Puche (2000) propone que el gran despliegue resolutivo y autónomo del niño, manifestado por su capacidad de manipulación de objetos de manera simultánea con el planteamiento de hipótesis, el establecimiento de sistemas de clasificación y ordenamiento, la elaboración de sistemas primarios de cuantificación y el desarrollo de inferencias en el campo socioafectivo, ratifica que el niño a temprana edad construye de manera autónoma y autodirigida su propio conocimiento. Situación que se evidencia cuando el niño no solo participa en la resolución de problemas, sino que también los genera y pasa de ser un manipulador de datos (etapa empírica) a utilizar y aprovechar la información que ya tiene almacenada en sus representaciones internas (Karmiloff-Smith, 1994, citada por Puche, 2000). Son estos algunos presupuestos que invitan seriamente a profundizar y comprender la mente del niño, como condición indispensable en la estructuración de propuestas didácticas que fortalezcan el desarrollo del pensamiento crítico.

De otra parte, trabajos de investigación desde la enseñanza de las ciencias sugieren la necesidad de incorporar dimensiones diferentes de la conceptual en los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Caravita & Hallden, 1994; Tamayo, 2009). En cuanto a la formación del pensamiento crítico, que para Caravita y Hallden (1994) es equiparable a pensamiento científico, se han realizado investigaciones que integran a este el pensamiento creativo, el desarrollo del pensamiento creativo en el niño depende mucho del tipo de actividad que se promueva. Otros autores (Boden, 1994 y Gardner, 1993, citados por Puche, 2000) manifiestan que potenciar y promover mentes creativas depende no solo del ofrecimiento de actividades verdaderamente interesantes y motivantes a los niños, sino también del reconocimiento que se haga de las comprensiones intuitivas formadas mucho antes de que el niño ingrese a la escuela. En este mismo sentido, se reconoce que los niños constantemente se están preguntando por todo aquello que los rodea, con su original y característica pregunta: ¿por qué?, mostrando siempre una actitud de perplejidad, asombro y curiosidad, que los lleva a intentar dar y dotar de sentido a los fenómenos que observan y que los impulsa a seguir preguntando. Por consiguiente, los educadores deben promover en ellos la importancia de conservar la perplejidad, el asombro y la creatividad como los rasgos que identifican a la especie humana (Lipman, 1998).

En esta misma perspectiva, para Facione (2007) el pensamiento crítico implica que el sujeto desarrolle destrezas como: análisis, inferencia, interpretación, explicación, autorregulación y evaluación. Dando mucho énfasis en la autorregulación como el proceso más importante, queriendo significar que eleva el pensamiento a otro nivel, pero este ‘otro nivel’ “realmente no lo captura completamente porque en ese otro nivel superior lo que hace la autorregulación es mirar hacia atrás todas las dimensiones del pensamiento crítico y volver a revisarlas” (Facione, 2007, p.7). Es decir, se asume la autorregulación como el conocimiento, conciencia y control que tienen los sujetos acerca de sus propios procesos de pensamiento y de acción.

Ahora bien, desde la enseñanza de las ciencias, son múltiples los estudios que buscan el desarrollo de habilidades metacognitivas (Tamayo, 2006) y en general de habilidades del pensamiento. En tal sentido, por ejemplo Bransford y Stain (2000, citados por Guzmán & Sánchez, 2006) emplearon programas de instrucción directa para el desarrollo del pensamiento, mientras otros proponen la enseñanza de habilidades del pensamiento al interior de dominios específicos del conocimiento.

El desarrollo del pensamiento crítico exige entonces, de un lado, la exploración y el reconocimiento en el sujeto a temprana edad de sus modelos representacionales y habilidades cognitivas mediante propuestas didácticas fundamentadas en la relación ciencia escolar–sujeto–contexto. De otro lado, es necesario que se establezca la relación entre desarrollo de pensamiento crítico en los niños y la dinámica interna que lo caracteriza, es decir, articular este desarrollo a procesos cognitivos conscientes, a promover espacios autorreguladores que permitan hacer más eficiente el proceso y a brindar herramientas de apoyo para la planeación, monitoreo y evaluación de los procesos conducentes a su desarrollo (Al–Ahmadi, 2008; Tamayo, Zona & Loaiza, 2014).

Desde esta perspectiva, y conociendo que nuestro sistema educativo ha enfatizado en la importancia del aprendizaje de conceptos, principios y teorías en los diferentes campos disciplinares, se plantea el necesario cambio de dicha propuesta para que el educador se traslade a promover una enseñanza de las ciencias que aporte a la apropiación crítica del conocimiento científico y a la generación de nuevas condiciones y mecanismos que promuevan la formación de actitudes hacia la ciencia y el conocimiento científico.

Haciendo una breve síntesis en torno a este tema es importante aclarar que, para formar pensamiento crítico en los estudiantes, es necesario centrar la discusión alrededor de los siguientes aspectos centrales:

- Reconocer la estructura cognitiva del sujeto, su historia, experiencia, pensamiento: Peter Facione (2007) argumenta que el pensamiento crítico apareció mucho antes de que se inventara la escolaridad, yace en las raíces mismas de la civilización.
- Fomento de relaciones entre la ciencia y su conocimiento público (Fensham & Harlem, 1999), sobre la comprensión pública de la ciencia (Cross, 1999) y sobre las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y desarrollo.
- Valoración de la dinámica propia de la ciencia, su funcionamiento interno y externo que la hacen funcional según el contexto y las condiciones de enseñanza–aprendizaje. Es necesario reconocer que el docente debe poseer conocimientos sobre la Naturaleza de la Ciencia (Tamayo & Orrego, 2005), no para “pretender reproducir en la escuela este tipo de reflexión metacognitiva, ni tampoco entrar a fondo en los complejos problemas epistemológicos que aún están pendientes de resolución. El objetivo no debería centrarse tanto en la filosofía o la sociología de la ciencia, como si se tratase de formar a los estudiantes para llegar a ser especialistas en estos campos del conocimiento (Smith y Scharman, 1999), sino más bien ayudarles a comprender mejor cómo funcionan la ciencia y la tecnología contemporáneas” (Acevedo et al, 2005, p. 124).
- Implantación de procesos conscientes en el aprendizaje de las ciencias, como mecanismo que permita profundizar y comprender cómo aprende el sujeto, para articularlo a procesos de enseñanza mucho más significativos.
- Estimación de la escuela como escenario que brinda la posibilidad no solo de acceder al conocimiento, sino también como el espacio en donde el niño enriquece su intelecto y donde recoge aportes fundamentales para construir o reconstruir el conocimiento de manera consciente.

De igual manera, es importante comprender que algunas de las características de los pensadores críticos son, entre otras: a) Tratan de identificar los supuestos que subyacen las ideas, las creencias, los valores y las acciones. b) Poseen la capacidad de imaginar y explorar alternativas a maneras existentes de pensar y

de vivir. c) Usualmente son escépticos a afirmaciones de verdades universales o explicaciones últimas y definitivas. d) Están conscientes del contexto.

Continuando con esta discusión y retomando los planteamientos de Bachelard (1994), se encuentra que en la formación del espíritu crítico (científico) intervienen diferentes aspectos, dentro de los que se pueden citar: el sentido común, la intuición, el uso de imágenes, analogías, metáforas, el uso de generalizaciones, etc., estos aspectos los plantea el autor como obstáculos que deben ser superados en la formación del espíritu científico. Si bien el uso de estas estrategias puede favorecer la adquisición de nuevos aprendizajes, teniendo máximo cuidado con su uso metodológico, no es suficiente ubicarlas como generadoras de la actitud científica (espíritu científico para Bachelard) a no ser que se acompañen con otras acciones igualmente importantes y que en su conjunto serán determinantes en el logro del pensamiento crítico, fin inalienable de la educación.

Dentro de estas posibles acciones se destaca la denominada por Mockus (1989) discusión racional, la cual debe ser la base para la construcción de la actitud crítica de los estudiantes. No es suficiente, entonces, pensar que el uso de analogías, de metáforas y de imágenes, la recuperación del sentido común, de lo maravilloso, *per se*, sean dinamizadores del pensamiento crítico. Es necesario, en cada uno de estos casos, y reconociendo necesariamente la mediación pedagógica, abordar la actividad realizada bajo los presupuestos de la discusión racional que reúne planteamientos tanto de la pragmática universal como de la sociolingüística. Privilegiar en el ámbito educativo la discusión racional, la tradición escrita y la reorganización de la acción (Mockus, 1989) se ha convertido en la actualidad en una potente herramienta que permite el desarrollo del pensamiento crítico, dinamizador por excelencia del conocimiento y de la formación de los sujetos.

Si se comprende que en la formación del pensamiento crítico juega papel central la enseñanza, es necesario reflexionar entonces sobre las formas y estrategias que se utilizan en este proceso. En tal sentido, sin importar el campo específico sobre el cual se actúe, los diferentes modelos de enseñanza pueden facilitar o no la formación de la capacidad crítica del estudiante. Para Bachelard (1994) la enseñanza elemental, las experiencias demasiado vivas o con exceso de imágenes son centro de falso interés. Esto se debe a que impactan tanto al estudiante que pueden llegar a desviar el interés real de este, sin entrar a desestimar un aspecto tan importante como es la motivación y el uso de imágenes en el aprendizaje.

La finalidad de la experiencia es ilustrar una teoría, es tratar de discernir los caracteres orgánicos del fenómeno, por tal razón, es un error desviar la atención del educador o la de los estudiantes sobre los detalles o aspectos que no permiten la explicación definitiva del fenómeno: “Más valdría una ignorancia completa que un conocimiento privado de su principio fundamental” (Bachelard, 1994, p.48).

Con las ideas presentadas hasta el momento quedan enunciadas muchas de las múltiples perspectivas que hasta hoy se han tenido en cuenta para conceptualizar el pensamiento crítico. Sin querer desconocer todas estas tradiciones, a continuación se presentan algunos desarrollos teóricos en torno a tres categorías centrales en la constitución del pensamiento crítico en estudiantes, estas son: la argumentación, la solución de problemas y la metacognición.

LA ARGUMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

Uno de los componentes del pensamiento crítico que se reconoce hoy como determinante incorpora la dimensión del lenguaje y, de manera particular, la argumentación. El estudio del lenguaje y la argumentación en ciencias se constituye en la actualidad en una de las líneas de investigación de mayor prioridad en la didáctica de las ciencias (Lemke, 1990; Sutton, 1998; Candela, 1999). En cuanto a la argumentación en las clases de ciencias, Duschl y Osborne (2002) destacan la importancia de desarrollar investigaciones que permitan que los estudiantes se acerquen desde sus aulas de clase a las formas de trabajo científico propias de las comunidades académicas, dentro de las que se destacan de manera especial las referidas a los múltiples usos del lenguaje y de la argumentación. De otra parte, Jiménez y Díaz de Bustamante (2003), Sardà, Márquez y Sanmartí (2005) y Campaner y De Longhi (2007) destacan el ámbito de la enseñanza de las ciencias como un espacio en el cual se pueden potenciar las competencias argumentativas de los estudiantes, dado que uno de los fines de la investigación científica es la generación y justificación de enunciados y acciones encaminados a la comprensión de la naturaleza (Jiménez, Bugallo & Duschl, 2000, citados por Jiménez & Díaz de Bustamante, 2003).

En la enseñanza de las ciencias varios autores han analizado la argumentación en el contexto del aula basándose en los modelos propuestos por Toulmin, Van Dijk y Adam. El primero tiene su origen en teorías de razonamiento práctico y se refiere a la práctica jurídica y los segundos a la lingüística textual (Sardà & Sanmartí, 2000).

Toulmin (1993) considera como argumento todo aquello que es utilizado para justificar o refutar una proposición. Según Sardà, Marquez y Sanmartí (2005), citadas anteriormente, el modelo de Toulmin permite que los alumnos reflexionen sobre la estructura del texto argumentativo. Sin embargo, Driver y Newton (1997) indican que el modelo toulminiano presenta el discurso argumentativo de forma descontextualizada, sin tener en cuenta que depende del receptor y de la finalidad con la cual se emite. Los autores consideran útil el modelo para tomar conciencia de la estructura de la argumentación.

Van Dijk (1989), por su parte, sostiene que la estructura del texto argumentativo puede ser descompuesta más allá de la hipótesis (premisas) y la conclusión, e incluye la justificación, las especificaciones de tiempo y lugar y las circunstancias en las que se produce la argumentación. Para él, lo que define un texto argumentativo es la finalidad que este tiene de convencer. El autor caracteriza en un texto argumentativo tres niveles de organización: la superestructura, la macroestructura y la microestructura. El estudio de los diferentes niveles de la estructura del texto argumentativo puede favorecer, en las clases de ciencias, la apropiación de las características del lenguaje científico.

Asimismo, Adam (1995) muestra cómo un texto argumentativo puede estar estructurado en diferentes secuencias. Tomando como base el modelo de Toulmin, Adam analiza los textos argumentativos como secuencias argumentativas encadenadas en las que se puede dar el caso de que la conclusión de una secuencia sea la premisa de la siguiente.

A partir de estos modelos, y mediante la elaboración de un esquema que articula varios aspectos de algunos de ellos, Sardà y Sanmartí (2000) estudiaron la argumentación en estudiantes de ciencias que participaron en un juego de rol. Las autoras encontraron que los patrones estructurales de los argumentos eran completos y que había un uso adecuado de los conectores lógicos. Sin embargo, el análisis funcional del texto mostró dificultades relacionadas con la relevancia y pertinencia de los argumentos, la elección de evidencias desde teorías implícitas más que científicas, interpretaciones e inferencias no justificadas y conclusiones no derivadas del contexto teórico.

En relación con este último aspecto, Giere (1992) plantea que la argumentación en ciencias es un proceso de elección entre modelos y teorías para explicar los fenómenos de la realidad. Según Duschl y Osborne (2002), el proceso de elección entre teorías se puede producir si se generan interpretaciones diferentes de los datos debido a las interpretaciones particulares de las comunidades científicas, a los avances tecnológicos y a los cambios en los objetivos de las ciencias.

En el aula de clase este proceso se evidenciaría a través de las prácticas discursivas de los estudiantes en las que se articulan componentes de la estructura de la argumentación, de los conceptos científicos y de la práctica discursiva, cuya puesta en escena permitiría conocer las características de los modelos argumentativos y, a partir de allí, construir procesos didácticos que contribuyan a la transformación de dichos modelos.

A continuación se señalan algunos conceptos sobre el término ‘argumentación’ relevantes para la investigación, posteriormente se señalan las perspectivas, los tipos y formas de argumentos a los que los estudiantes recurren para expresar sus puntos de vista y, por último, cómo argumentan los estudiantes en las clases de ciencia.

En la revisión de los autores que han realizado trabajos sobre ‘argumentación’ se han encontrado diversas opiniones, como las referidos a los autores Driver y Newton (1997) quienes la señalan como el proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una proposición o línea de acción.

Asimismo, la argumentación para Sardá (2003, p 123) “es una actividad social, intelectual y verbal que sirve para justificar o refutar una opinión, y que consiste en hacer declaraciones teniendo en cuenta al receptor y la finalidad con la cual se emiten. Para argumentar hace falta elegir entre diferentes opciones o explicaciones y razonar los criterios que permiten evaluar como más adecuada la opción elegida.”.

Para otros autores la argumentación está orientada hacia el convencimiento o la persuasión. Perelman y Olbrechts–Tyteca (1997, p 72) consideran que la finalidad de la argumentación “es convencer con razones o persuadir mediante recursos afectivos”. De otra parte, como lo expresan Driver y Newton (2000, p 84):

[la] argumentación dialógica o de voz múltiple, tiene lugar cuando se examinan, por un individuo o en el seno de un grupo, diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración.

Candela (1999, p 104), retoma en sus investigaciones la orientación hacia el consenso cuando señala que:

(...) la argumentación y búsqueda de acuerdos y, en última instancia de consensos, son dos aspectos que pueden ser complementarios y parten de una misma intención. Frecuentemente se argumenta para convencer de la validez de una versión del conocimiento y por tanto para llegar después a consensos.

LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA FORMACIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

Tradicionalmente la educación, y en particular la enseñanza de las ciencias, ha priorizado la dimensión conceptual, es decir, nuestro sistema educativo ha enfatizado en la importancia del aprendizaje de conceptos, principios y teorías en los diferentes campos disciplinares. La enseñanza de las ciencias debe aportar a la apropiación crítica del conocimiento científico y a la generación de nuevas condiciones y mecanismos que promuevan la formación de actitudes hacia la ciencia y el conocimiento científico, y no solo al logro o desarrollo de competencias conceptuales.

Como ya se ha expuesto en párrafos anteriores, uno de los propósitos centrales de la enseñanza de las ciencias es la formación de pensamiento crítico en los estudiantes, propósito que desborda con creces intereses instrumentalistas y científicistas de la educación. La pedagogía y la didáctica tienen como uno de sus propósitos centrales la consolidación de relaciones sociales a través del pensamiento crítico, deliberativo, creativo e independiente, a través de la relación dialógica y en busca siempre de la generación de procesos liberadores del hombre. Superar perspectivas instrumentalistas de la educación, poniendo un marcado énfasis en el desarrollo del pensamiento crítico tanto estudiantes como de profesores, implica concebir la educación como un proceso reflexivo y

crítico, que deberá partir de enfocar esfuerzos hacia la identificación y resolución de problemas, donde juegan papel determinante la observación, la creatividad, la discusión racional, etc.

En esta lógica, es importante destacar que el pensamiento crítico y la resolución de problemas presentan una estrecha relación. Al respecto, Laskey y Gibson (1987, citados por Guzmán & Sánchez, 2006) plantean que el pensamiento crítico hace referencia a un complejo conjunto de actividades cognitivas que actúan conjuntamente, tales como la resolución de problemas, pensamiento lógico, percepción de ideas, análisis, evaluación y toma de decisiones. Los autores plantean la posibilidad de desarrollar el pensamiento crítico a través del planteamiento de diferentes tipos de preguntas en el aula que potencien el desarrollo de habilidades del pensamiento de alto orden tales como interpretar, aplicar, analizar, sintetizar, evaluar y resolver problemas.

Halpern (1998) expone, además, que el pensamiento crítico en función del despliegue de habilidades cognitivas incrementa la posibilidad del logro de ciertos resultados en las que intervienen el pensamiento orientado al logro de metas y para la solución de problemas, el planteamiento de inferencias y la toma de decisiones (Silverman & Smith, 2003).

Un problema evidente en la actualidad es que existe una dispersión conceptual entre el pensamiento crítico y la resolución de problemas, dado que algunas perspectivas teóricas consideran la resolución de problemas como una habilidad y otros como una actitud, pero es claro que el pensamiento crítico es el tipo de pensamiento requerido para resolver problemas, debido a las posibles respuestas o soluciones frente a la problemática, es decir el pensamiento crítico no resuelve un problema de manera precisa o única. Ante esta perspectiva, Nickerson (1985) sostiene que la educación debe producir personas que sean buenos pensadoras en el más amplio sentido del término: que no solo sean eficaces para resolver problemas, deben a la vez ser reflexivas, curiosas y deseosas de comprender su mundo, con un amplio repertorio de herramientas formales e informales, que sepan bastante sobre humanos, el pensamiento y saber cómo y cuándo usarlos. Este autor relaciona el pensamiento crítico con la resolución de problemas como una actitud frente al conocimiento y hacia la vida. Postura que está relacionada con otras actitudes o disposiciones que hacen parte del pensador crítico, entre ellas se encuentra la “curiosidad intelectual” considerada por Paul (1993).

Sin embargo, Armstrong y Stanton (citados por Campos, 2007, p.60) presentan una distinción entre el pensamiento crítico y la resolución de problemas, enunciando que la diferencia estriba en que el pensamiento crítico incluye razonamientos acerca de problemas abiertos o poco estructurados, mientras que la resolución de problemas es considerada más reducida en su amplitud.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede considerar la resolución de problemas como un proceso que pretende obtener soluciones específicas a situaciones determinadas, por el contrario el pensamiento crítico busca construir una representación posible de una situación, que puede ser a través de argumentos coherentes. Además, el pensamiento crítico busca determinar la validez de un hecho, busca nueva y adicional información que pueda o no concordar con la conclusión, busca explicaciones alternativas, elige entre varias opciones (Mohan, 1997).

Otro punto de vista que diferencia al pensamiento crítico y la resolución de problemas radica, según Kennedy (1991), en que el pensamiento crítico es un “proceso explorativo de ampliación” y la resolución de problemas es más bien un “proceso de estrechamiento progresivo”.

Ahora bien, es evidente que existe una estrecha relación en ambas perspectivas, en tanto el pensamiento crítico reconoce la complejidad de un problema y sus posibles vías de solución, y la resolución de problemas escoge la vía más acertada frente a la problemática, sin descartar que el pensamiento crítico busca siempre encontrar nuevas posibles soluciones a la misma problemática de una manera más amplia basada en razones más que en secuencias o reglas.

En esta misma lógica Polya (2008, p.1–2), en su libro *Cómo plantear y resolver problemas*, plantea cuatro pasos para resolver un problema, entre ellos se encuentran: **Paso 1: Entender el Problema.** ¿Entiendes todo lo que dice? ¿Puedes replantear el problema en tus propias palabras? ¿Distingues cuáles son los datos? ¿Sabes a qué quieres llegar? ¿Hay suficiente información? ¿Hay información extraña? ¿Es este problema similar a algún otro que hayas resuelto antes? **Paso 2: Configurar un Plan.** ¿Cuántas variables hacen parte del problema? Hacer una lista. Resolver un problema equivalente. **Paso 3: Ejecutar el Plan.** Implementar la o las estrategias que escogiste hasta solucionar completamente el problema o hasta que la misma acción te sugiera tomar un nuevo curso, concédete un tiempo

razonable para resolver el problema. Si no tienes éxito solicita una sugerencia o haz el problema a un lado por un momento, no tengas miedo de volver a empezar. Suele suceder que un comienzo fresco o una nueva estrategia conducen al éxito.

Paso 4: Mirar hacia atrás. ¿Es tu solución correcta? ¿Tu respuesta satisface lo establecido en el problema? ¿Adviertes una solución más sencilla? ¿Puedes ver cómo extender tu solución a un caso general?

Estos pasos o procesos se presentan de forma gradual, enfocados en la resolución de problemas matemáticos, con una secuencia lógica y estructurada. Como se mencionó anteriormente, desde el punto de vista del pensamiento crítico la resolución de problemas busca una solución más precisa frente al fenómeno, pero es necesario reconocer cuándo se está tratando de resolver un problema, el reclutamiento o incorporación de elementos de soluciones realizadas en experiencias pasadas (almacenamiento de información), o las posibles transformaciones mentales en los sujetos cuando se relaciona la situación problema con las posibles soluciones o vías más acertadas.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, según García (2003), se debe reconocer que la resolución de problemas genera cambios en la forma de ver y pensar el mundo desde diferentes esferas, como la cognitiva, afectiva y psicomotora, en las cuales se produce adquisición y dominio de saberes de forma autónoma, buscando el significado y comprensión de esos conocimientos y, en nuestro caso los saberes, o conocimientos necesarios en el aprendizaje de las ciencias. El autor reconoce que, para que se pueda resolver un problema, es necesario que la situación genere en el individuo algún tipo de dificultad, a la vez el individuo debe encontrar, diseñar y organizar los caminos utilizados para resolver el problema, según el objetivo, según los procesos cognitivos necesarios y según las particularidades mismas de los procesos de resolución.

Desde otras perspectivas teóricas se reconoce la resolución de problemas como sinónimo de pensamiento o de la cognición, al respecto, Mayer (1983, p. 23) justifica que “pensamiento es lo que sucede cuando una persona resuelve un problema”, es decir, produce un comportamiento que mueve al individuo desde un estado inicial a un estado final, o al menos trata de lograr ese cambio. En la misma lógica, el autor cita los trabajos de Johnson (1972, citado por Mayer 1983, p.21), quien directamente define pensamiento como resolución de problemas. Simón (1984) considera que la psicología posee fascinación por este campo, planteando que

“la conducta de enfrentarse y resolver problemas es donde mejor se manifiestan las capacidades cognitivas de nuestra especie”. De otra parte, Bailin (2002) considera la resolución de problemas como el espacio donde se lleva a cabo el pensamiento crítico, escenario que potencia el desarrollo cognitivo de los sujetos, a través del impulso y de la incorporación de habilidades mentales, de diferente índole: cognitivas, cognoscitivas y metacognitivas (García, 2003).

En síntesis, el pensamiento crítico busca no solo reconocer la problemática y sus dificultades, sino también el establecimiento de diferentes puntos de vista y sus posibles soluciones, esto posibilita que se amplíen los marcos conceptuales de los sujetos que les permitirán escoger la solución que más satisfaga la resolución del problema y potencie el desarrollo de todas sus capacidades cognitivas.

LA METACOGNICIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

El conocimiento metacognitivo se refiere al conocimiento que tienen las personas sobre sus propios procesos cognitivos. En tal sentido, la metacognición, y con ella los procesos de autorregulación, se constituye en un componente central para el logro de pensamiento crítico en los estudiantes. Kuhn, Amsel y O’Loughlin (1988) y Kuhn (1989) se refieren, por ejemplo, al pensamiento científico como una habilidad metacognitiva general que permite a los niños cualificar sus estrategias de experimentación, buscar las evidencias que son inconsistentes con sus creencias. Otros autores sostienen que es la habilidad más importante del pensador crítico, caracterizada por el monitoreo, control y evaluación de nuestros propios procesos de pensamiento (Ennis, 1985; Facione, 2007).

La metacognición ha sido definida como la habilidad para monitorear, evaluar y planificar nuestro propio aprendizaje (Flavell, 1979). De manera aun más general fue definida por Flavell (1987), como cualquier conocimiento sobre el conocimiento. A partir de estas primeras definiciones en las últimas dos décadas se han realizado importantes esfuerzos con el propósito de tener un conocimiento más detallado de la metacognición y de su relación con los procesos de aprendizaje. En consecuencia, en la actualidad se encuentra un amplio constructo teórico (Martí, 1995; Gunstone & Mitchell, 1998; Mayer, 1998; Sternberg, 1998; Tamayo, 2006, 2009) y una variedad importante de estrategias metodológicas para su valoración (Pintrich, Marx & Boyle, 1993; Tobias & Everson, 1996; Osborne, 2000)

que permiten referirnos a la metacognición como a un concepto joven y con gran potencialidad en la enseñanza de las ciencias (Tamayo, 2006).

Siguiendo a Gunstone y Mitchell (1998), el estudio de la metacognición aborda tres aspectos generales: conocimiento, conciencia y control sobre los propios procesos de pensamiento. El conocimiento metacognitivo es un conocimiento que puede referirse, según Flavell (1987), a los conocimientos sobre las personas, sobre las tareas o sobre las estrategias. Un estudiante que conozca en forma adecuada sus procesos cognitivos puede “hablar” o “reflexionar” sobre sus procesos de pensamiento propios y/o de los demás, en tal sentido, este tipo de conocimiento se constituye central en la formación de pensamiento crítico.

En el estudio de la metacognición se identifican en la actualidad tres dimensiones centrales: tipo de conocimiento, conciencia metacognitiva y regulación (Tamayo, 2006). A su vez, el tipo de conocimiento puede ser declarativo, procedimental y condicional. El conocimiento declarativo es un conocimiento proposicional referido a un saber acerca de uno mismo como aprendiz y de los diferentes factores que influyen de manera positiva o negativa en nuestro rendimiento. El conocimiento procedimental es un saber cómo se hacen las cosas, de cómo suceden, es un tipo de conocimiento que puede representarse como heurístico y como estrategias en las cuales los individuos definen los pasos seguidos en la solución a un problema.

El conocimiento condicional es un saber por qué y cuándo se usan el conocimiento declarativo y el procedimental (Garner, 1990; Mayer, 1998). Según Reynolds (1992, citado por Schraw, 1998), este tipo de conocimiento ayuda al estudiante a distribuir selectivamente los recursos y a usar las estrategias más eficientemente, permite, además, identificar el conjunto de condiciones y las exigencias situacionales de cada tarea de aprendizaje. Este conocimiento es considerado como un tipo de conocimiento estratégico de importancia para muchos investigadores debido a su influencia en la educación. Consiste en poder desplegar una serie de estrategias y en saber hacer un análisis de la situación con el propósito de conocer cuáles son las más adecuadas. Al hablar de un tipo de conocimiento condicional, además de tener conciencia de lo que se debe realizar a nivel cognitivo, se deben emplear también conocimientos específicos relacionados con la tarea que se quiere resolver. En tal sentido, el conocimiento condicional reúne tanto conocimiento de orden cognitivo como conceptual, y es debido a la importancia de esta interacción entre lo cognitivo y lo conceptual que el conocimiento condicional es especialmente importante para la formación del pensamiento crítico en los estudiantes.

La conciencia metacognitiva es un saber de naturaleza intraindividual, se refiere al conocimiento que tienen los estudiantes de los propósitos de las actividades que desarrollan y de la conciencia que tienen sobre su progreso personal. Es un conocimiento que permite el control o la autorregulación del pensamiento y de los procesos y productos del aprendizaje (Hartman, 1998).

La regulación (o control) metacognitiva se refiere al conjunto de actividades que ayudan al estudiante a controlar su aprendizaje, se relaciona con las decisiones del aprendiz antes, durante y después de realizar cierta tarea de aprendizaje. Se asume que la regulación metacognitiva mejora el rendimiento en diferentes formas: mejora el uso de la atención, proporciona una mayor conciencia de las dificultades en la comprensión y mejora las estrategias ya existentes. Se ha encontrado un incremento significativo del aprendizaje cuando se incluyen, como parte de la enseñanza, la regulación y la comprensión de las actividades (Schraw, 1998).

La regulación de los procesos cognitivos está mediada por tres procesos cognitivos esenciales: planeación, monitoreo y evaluación (Brown, 1987). La planeación implica la selección de estrategias apropiadas y la localización de factores que afectan el rendimiento tales como la predicción, las estrategias de secuenciación y la distribución del tiempo o de la atención selectiva antes de realizar la tarea. Es decir, consiste en anticipar las actividades, prever resultados, enumerar pasos. El monitoreo se refiere a la posibilidad que se tiene, en el momento de realizar la tarea, de comprender y modificar su ejecución, por ejemplo, realizar autoevaluaciones durante el aprendizaje, para verificar, rectificar y revisar las estrategias seguidas. La evaluación, realizada al final de la tarea, se refiere a la naturaleza de las acciones y decisiones tomadas por el aprendiz, y evalúa los resultados de las estrategias seguidas en términos de eficacia.

El conocimiento y la regulación de la cognición se relacionan mutuamente. Martí (1995) considera que es muy probable que el conocimiento que tiene una persona sobre su cognición repercute sobre la regulación cognitiva, de igual manera, considera que es probable que los procesos reguladores aplicados por las personas al abordar una tarea de aprendizaje repercutan sobre el conocimiento que van elaborando y sobre sus propios procesos cognitivos. En el mismo sentido, Schraw (1998) muestra que el conocimiento declarativo facilita la regulación en la solución de problemas en estudiantes de 5° y 6°. De igual manera, Schraw (1998)

muestra que el conocimiento de estrategias está relacionado con el autorreporte de las estrategias empleadas en la resolución de una tarea, aspectos todos ellos centrales en la formación del pensamiento científico de los estudiantes.

A manera de conclusión, es claro que en este texto se presentan algunas de las tensiones centrales entre los campos del saber de la pedagogía y la didáctica. Asimismo, se precisa el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias en función de desarrollo del pensamiento crítico dominio–específico, aspecto que llevó a presentar reflexiones en torno a tres dimensiones centrales: la argumentación, la metacognición y la solución de problemas, las cuales se constituyen en ejes centrales en la formación del pensamiento crítico. Estas categorías serán expuestas en posteriores trabajos de investigación, con el fin de orientar el pensamiento crítico según las características propias de nuestro contexto educativo.

REFERENCIAS

Acevedo J. A. et al (2005). *Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica*. En Revista Eureka: sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias. España: Asociación de profesores de la ciencia: Eureka.

Adam, J. M. (1995). *Hacia una definición de la secuencia argumentativa*. En: *Comunicación, lenguaje y educación*, N° 25, pp. 9–22. España: CL&E

Al–Ahmadi, F. M. A. (2008). *The Development of Scientific Thinking with Senior School Physics Students*. Centre for Science Education Educational Studies, Faculty of Education University of Glasgow, Scotland, United Kingdom.

Bachelard, G. (1994). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI.

Bailin, S. (2002). Critical Thinking and Science Education. En Gilbert, J., *Science Education*. New York: Editorial matter and selection.

Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self–regulation and other more mysterious mechanisms. En Weinert, F. E., & Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Campaner, G., & De Longhi, A. L. (2007). La argumentación en Educación Ambiental: Una estrategia didáctica para la escuela media. *REEC*, 6(2), 442–456.

- Campos, A. (2007). *Pensamiento crítico* (1ª Ed.). Bogotá: Editorial Magisterio.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el Aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México, D. F.: Paidós.
- Caravita, S., & Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*, 89–111.
- Cross, R. T. (1999). The public understanding of science: implications for education. *International journal of science education, 21*(7), 699–702.
- Driver, R., & Newton, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Paper prepared for presentation at the *ESERA Conference*, 2–6 September, 1997, Rome.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting Argumentation in *Science Education. Studies in Science Education, 38*, 39–72.
- Ennis, R. H. (1985). Critical thinking and the curriculum. *National Forum, 65*, 28–31.
- Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿qué es y por qué es importante?* Chicago: Loyola University.
- Fensham, P. J., & Harlem, W. (1999). School science and public understanding of science. *International journal of science education, 21*(7), 755–763.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist, 34*, 906–911.
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. En Weinert, F. E., & Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- García, J. J. (2003). *Didáctica de las ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Garner, R. (1990). When children and adults do not use learning strategies: towards a theory of setting. *Review of Educational Research, 60*, 517–529.
- Giere, R. N. (1992). *La explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México, D. F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Gunstone, R. F., & Mitchell, I. J. (1998). Metacognition and conceptual change. En Mintzes, Wandersee, & Novak (eds.), *Teaching Science for Understanding*. California: Academic Press.

Guzmán, S., & Sánchez, P. (2006). Efectos de un programa de capacitación de profesores en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios en el Sureste de México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(2). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-guzman.html>

Halpern, D. E. (1998). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (3rd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Hartman, H. J. (1998). Metacognition in teaching and learning: an introduction. *Instructional Science*, 26, 1–3.

Jiménez, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359–370.

Kennedy, J. (1991). *Primary Science: Knowledge and Understanding*. London: Routledge

Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674–689.

Kuhn, D., Amsel, E., & O’Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.

Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Ohio: Ablex Publishing Corporation

Lipman, M. (1998). *Pensamiento complejo y educación* (Segunda edición). Madrid. ISBN: 84-7960-174-4.

Martí, E. (1995). Metacognición: Entre la fascinación y el desencanto. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 9–32.

Mayer, R. E. (1983). *Pensamiento, Resolución de Problemas y Cognición*. Serie Cognición y Desarrollo Humano – Paidós.

Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49–63.

- Mockus, A. (1989). Formación básica y actitud científica. *Educación y Cultura*, 17.
- Mohanan, T. (1997). Multidimensionality of Representations: NV Complex Predicates in Hindi. En Alsina, A., Bresnan, J., & Sells, P. (eds.), *Complex Predicates* (p.431–472). Stanford: Center for the Study of Language and Information.
- Nickerson, R. (1985). *The teaching of thinking*. London: L. Erlbaum Associates.
- Osborne, J. (2000). Assessing metacognition in the classroom: the assessment of cognition monitoring effectiveness. Unpublished manuscript, The Department of Educational Psychology, University of Oklahoma.
- Paul, R. (1993). Critical thinking: *What every person needs to survive in a rapidly changing world*. Santa Rosa, CA: Foundations for Critical Thinking.
- Perelman, Ch., & Olbrechts-Tyteca, L. (1989). *Tratado de la argumentación*. Madrid: Editorial Gredos.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167–199.
- Polya, G. (2008). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Puche, R. (2000). *Formación de herramientas científicas en el niño pequeño*. Cali: Universidad del Valle – Arango editores.
- Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso.
- Sardà, A. (2003). *Argumentar: proponer i validar models*. En N. Sanmartí (coord.), *Aprender Ciències: tot aprenent a escriure ciència* (pp. 121–148). Barcelona: Edicions 62.
- Sardà, A., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2005). Cómo favorecer la comprensión de textos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso.
- Sardà, A., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405–422.

Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113–125.

Silverman, J., & Smith, S. (2003). Answers to frequently asked question about critical thinking. Recuperado de <http://www1.umn.edu/ohr/teachlearn/critical1.html>

SIMON, H.A., (1984). *Individual differences in solving physics problems* en Siegler (ed.), *Children's Thinking: What develops?* Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum. Hillsdale.

Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. En Carey, S., & Gelman, R. (eds.), *The epigenesis of mind: essays on biology and cognition*. Hillsdale, NY: Erlbaum.

Sternberg, R. J. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise: what makes an expert student? *Instructional Science*, 26, 127–139.

Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. En Fraser, B. J., & Tobin, K. G. (eds.), *International Handbook of Science Education* (p.27–38). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Tamayo, O. E. (2006). La metacognición en los modelos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *En Los bordes de la pedagogía: del modelo a la ruptura* (p. 275–306). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Tamayo, O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje*. Manizales: Centro Editorial Universidad de Caldas.

Tamayo, O. E., & Orrego, M. (2005). Aportes de la *naturaleza de la ciencia* y del *contenido pedagógico del conocimiento* para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVII(43), 13–25.

Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Z. Y. (2014). *Pensamiento crítico en el aula de ciencias*. Manizales: Universidad de Caldas.

Tobias, S., & Everson, H. T. (1996). *Assessing metacognitive knowledge monitoring*. College Board Report No 96–01. NY: The College Board.

Van Dijk, T. (1989). *La ciencia del texto*. Barcelona: Paidós.