



Educyt

Asociación Colombiana para
la investigación en Educación
en Ciencias y Tecnología

La formación de educadores en ciencias en el contexto de la investigación en el aula

*Segundo Congreso Nacional
de Investigación en Educación
en Ciencias y Tecnología*

**Santiago de Cali
21 a 25 de junio de 2010**

La formación de educadores en ciencias en el contexto de la investigación en el aula

Asociación Colombiana para la Investigación
en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCYT

**La formación de educadores
en ciencias en el contexto
de la investigación en el aula**

Segundo Congreso Nacional de Investigación
en Educación en Ciencias y Tecnología

Santiago de Cali
21 a 25 de junio de 2010

Compiladores
Alfonso Claret Zambrano
Carlos Uribe

2012

“La formación de educadores en ciencias en el contexto de la investigación en el aula” / Alfonso Claret Zambrano ... [et al.]. -- Cali: Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología, 2012.

212 p.: il.; 24 cm.

ISBN 978-958-99491-2-2

1. Ciencia – Enseñanza. 2. Formación profesional de maestros.

3. Capacitación docente. 4. Investigación educativa. I. Claret Zambrano, Alfonso

371.12 cd 21 ed.

A1330745

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

LA FORMACIÓN DE EDUCADORES EN CIENCIAS EN EL CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN EN EL AULA
© Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT

Primera edición: 2012

ISBN: 978-958-99491-2-2

Comité Científico del Congreso

Nicolás Marín

Universidad de Almería

Adela Molina

Universidad Distrital

Miguel Corchuelo

Universidad del Cauca

Digna Couso

Universidad Autónoma de Barcelona

Ángel Daniel López y Mota

Universidad Pedagógica Nacional - Ajusco, México

Edgar Valbuena

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Carlos Uribe Gartner

Universidad del Valle

Agustín Adúriz-Bravo

Universidad de Buenos Aires

Oscar Eugenio Tamayo Alzate

Comité Científico - Universidad de Caldas

Elsa Meinardi

Universidad de Buenos Aires, Argentina



Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT

DIRECTOR

Alfonso Claret Zambrano Ph. D

Universidad del Valle

alfonso.zambrano@correounivalle.edu.co

COORDINADOR

Carlos Uribe Gartner

Universidad del Valle

curibe55@gmail.com

www.educyt.org

Celular: 3137509692

contacto@educyt.org

Diagramación: Departamento de Arte de Feriva

Impreso en los talleres gráficos de Impresora Feriva S.A.

Calle 18 No. 3-33 • PBX: 524 9009

feriva@feriva.com www.feriva.com

Cali, Colombia

Este libro, o parte de él no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT
Cali, Colombia, 2012

Contenido

Prólogo	7
1. El currículo como reflexión, investigación y construcción de sujetos en educación	13
<i>Alfonso Claret Zambrano</i>	
2. Una relación urgente: enseñanza de las ciencias y contexto cultural	53
<i>Adela Molina Andrade</i>	
3. Competencias-epítome en la didáctica de las ciencias naturales.....	71
<i>Agustín Adúriz-Bravo</i>	
4. El estudio de la práctica docente, aproximaciones diversas a un objeto común	87
<i>Ángel Daniel López y Mota & Mario Lorenzo Flores López</i>	
5. Estado actual del conocimiento en la didáctica de la biología: qué es lo específico de la didáctica y lo específico de la biología.....	109
<i>Elsa Meinardi</i>	
6. Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica	133
<i>Oscar Eugenio Tamayo Alzate, Carlos Arturo Sánchez & Olga Clemencia Buriticá A.</i>	
7. Niveles cognitivos en la actuación competente	179
<i>Carlos Uribe Gartner & Nicolás Marín Martínez</i>	
8. Los estudios históricos en educación matemática desde la perspectiva de la práctica docente	205
<i>Luis Carlos Arboleda</i>	

Niveles cognitivos en la actuación competente

CARLOS URIBE GARTNER*

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ**

Resumen

En este trabajo se hace una revisión de las listas de competencias científicas en la literatura, apreciándose que prima el criterio epistemológico al precisar las categorías de la lista. Igualmente, se proponen criterios psicoevolutivos para confeccionar dichas listas fundamentados en un modelo cognitivo del sujeto. Así se establece una taxonomía por niveles según el grado de exigencia cognitiva de las competencias y de las actividades didácticas dirigidas a la formación de competencias científicas, que resulta útil para evaluar la adecuación de las actividades al nivel cognitivo del alumno y de las listas de competencias científicas establecidas en las propuestas curriculares.

Palabras clave

Competencias científicas, desarrollo cognitivo, currículos innovadores

Abstract

A review of scientific competencies listings in the literature shows that they are drawn upon epistemological criteria. In this work develo-

* Doctor en Didàctica de les Ciències i les matemàtiques
[curibe55@gmail.com] Universidad del Valle - Cali, Colombia

** Doctor en Didáctica de la Matemática y Ciencias Experimentales
[nmarin@ual.es] Universidad de Almería - Almería. España.

pmental criteria are proposed, in order to make those lists drawing on a cognitive model of the knower. In this way we worked out a taxonomy for scientific competences and inquiry activities, according to its level of cognitive demand, which can be used to assess the adequacy of activities to the cognitive level of pupils and of the goals of curricula frameworks.

Keywords

Scientific competences, cognitive development, innovative curricula

Introducción

En las últimas décadas, las políticas educativas en un buen número de países han girado en torno al concepto de formación con base en competencias, en el marco de la reflexión de cómo mejorar la calidad de la educación (Tobón, 2006a, 2006b). Se busca con ello superar las metodologías didácticas orientadas a la acumulación y repetición mecánica de información, para privilegiar el saber hacer y la resolución de problemas con sentido para los estudiantes. Estas políticas han sido impulsadas por una preocupación por relacionar más directamente la educación con el desarrollo social, cultural y económico, promoviendo la empleabilidad de las personas en la sociedad del conocimiento (Barrantes, 2002).

Sin embargo, la implementación del currículo por competencias en la vida cotidiana de las aulas ha sido muy débil (Vasco, 2006). Una de las razones de más peso es la dificultad para los docentes de traducir por sí mismos en acciones efectivas en su práctica cotidiana el propósito de formar en competencias (Uribe, Quintero, y Rodríguez, 2006). El candente debate político y científico en torno a esta noción ha producido una floreciente literatura, que atestigua la importancia del tema y a la vez su dificultad (Bacarat y Graziano, 2004; Bogoya, 2000; Bustamante, 2003, 2004; Gimeno, 2009; Gómez, 2002; Maldonado, 2006). Así pues, para poder consolidar el paso desde la retórica sobre la importancia de fomentar las competencias en la educación a la transformación efectiva de ésta en esa dirección se requiere una clarificación previa del complejo de cuestiones alrededor del tema.

En un artículo anterior (Marín y Uribe, en revisión) hemos propuesto una aclaración, tanto con respecto a las competencias en general como

a las competencias científicas en particular. La competencia designa el actuar exitoso, adecuado o reconocido en un determinado dominio socialmente valorado de la actividad humana. No se considera una característica o atributo interno al sujeto, pues la actuación surge en la interacción del sujeto con su medio. Se actúa de manera más o menos competente, según el ajuste entre las características cognitivas, afectivas y físicas del sujeto con las demandas situacionales y los recursos que provee el medio. Las competencias científicas (cc) serán pues las competencias específicas y características demostradas por los expertos cuando construyen conocimientos de ciencias.

Pero la transformación en curso de la sociedad y de los factores de producción económica, obrada por las tecnologías basadas en las ciencias naturales, requiere que también la mayor parte de la población desarrolle un cierto nivel de competencias científicas (Reich, 1992). Pues de otra manera se comprometen las oportunidades de las personas para ser productivas en la sociedad tecnocientífica, y conformarse con oficios rutinarios. Por ello cada vez se reconoce más la insuficiencia de los currículos de ciencias en los niveles educativos básico y medio centrados en la transmisión del producto de la actividad científica como un conocimiento ya hecho (European Commission, 2007; OECD, 2009; Rychen y Salganik, 2003). De hecho, la formación en competencias científicas, con nombres como *inquiry teaching*, ha presidido los numerosos esfuerzos dirigidos al mejoramiento del currículo en el mundo anglosajón desde la era post-Sputnik hasta el presente (Anderson, 2007; Minner, Levy y Century, 2010). A lo largo de este medio siglo de persistentes intentos para implementar este enfoque curricular y de debates sobre su pertinencia o eficacia, la idea se ha propagado con creciente fuerza al resto del mundo (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004).

Cada día el tema está tomando mayor relevancia, como lo demuestran las evaluaciones internacionales de gran envergadura como PISA, cuyo objetivo es la competencia científica, definida de manera amplia (OECD, 2009), y por las últimas reformas curriculares en muchos países, que enfatizan cada vez, de manera más explícita, el desarrollo de competencias. Así se aprecia en los National Science Education Standards, el referente consensuado por las comunidades académicas de ese país que define lo que debería entenderse por una educación de calidad en

los Estados Unidos (National Research Council, 1996). Otros países han precedido o seguido a Estados Unidos en la definición de marcos curriculares para la educación en ciencias, estructurados en función de la formación en competencias científicas (BOE, 2006; Ministerio de Educación Nacional, 2004; School Curriculum and Assessment Authority, 1994).

El escenario académico idealmente debería ser el espacio donde los estudiantes construyan sus conocimientos científicos y se preparen para participar como ciudadanos responsables, capaces y dispuestos a afrontar problemas complejos relacionados con los usos sociales de la ciencia. Para que esta aspiración se haga una realidad, es preciso caracterizar con precisión las competencias científicas que están al alcance de los estudiantes según las diversas edades, y definir una escala de progresión a lo largo de las etapas de la escolaridad. Por ello en los estándares curriculares de los sistemas educativos que especifican las competencias deseables por grupos de grados como el norteamericano y el colombiano, se aumenta el número y la complejidad de las competencias propuestas para los grados más avanzados.

El objetivo del presente trabajo es establecer criterios psicoevolutivos para evaluar la adecuación de esa progresión al nivel cognitivo de los estudiantes, mediante una taxonomía del nivel de exigencia cognitiva de las actividades dirigidas a la formación de competencias científicas.

El artículo está estructurado en cuatro partes. La primera revisa algunas de las propuestas de competencias científicas para el aula de ciencias publicadas desde los años sesenta, aunque con otros nombres. Posteriormente se presenta el fundamento teórico de los criterios y de la taxonomía propuesta. El tercer apartado expone la taxonomía en sí. Por último, se elabora la posible utilidad didáctica del modelo propuesto.

Antecedentes: ¿Cuáles son las competencias científicas consideradas deseables en los currículos innovadores en ciencias?

A lo largo del medio siglo de desarrollo curricular, principalmente en el mundo anglosajón, enfocado hacia la indagación en el aula se han confeccionado una gran cantidad de elencos, repertorios o listas de “habilidades científicas” (*scientific skills*) o de “procesos científicos”

(*science process*), como objetivos educativos prioritarios a conseguir. Estos listados pueden ser considerados como listados de competencias científicas aunque no se designen como tales. Una revisión detallada de estos listados muestra la convergencia hacia una especie de esquema prototípico, casi estereotipado, con pequeñas variaciones según el propósito perseguido por los autores (Uribe, 2000). En ese trabajo se compararon y analizaron trece listas de esta naturaleza, contenidas en los trabajos que se especifican en la Tabla 1.

La Tabla 2 muestra el resultado del análisis. La primera columna presenta las categorías analíticas con las cuales fueron clasificados todos los ítemes estudiados, categorías tomadas de las “habilidades prácticas” listadas en Lock (1989) con excepción de las dos últimas (teorizar y aplicar). Se aprecia claramente el paralelismo entre las habilidades y procesos de la ciencia, o clases de habilidades en los casos en que la lista se desarrolla con un mayor nivel de detalle o en otras palabras su equivalencia sustancial. Las listas de competencias científicas que se encuentran en la literatura más reciente en su mayor parte mantienen básicamente el esquema de la Tabla 2 (Chinn y Malhotra, 2002; Wilson, Taylor, Kowalski, y Carlson, 2010; Zimmerman, 2005), aunque algunos trabajos dirigidos al nivel universitario analizan con mayor detalle las competencias específicas en disciplinas particulares (Etkina, Karelina, y Ruibal-Villasenor, 2008).

Las conclusiones pertinentes para el objetivo del trabajo obtenidas del análisis son las siguientes:

- Los criterios en los que se fundamentan los listados de competencias científicas son primordialmente de carácter epistemológico. Es decir, los listados referidos, en últimas especifican procedimientos típicamente componentes de la actividad científica. Son pues una especie de topografía de las prácticas sociales de producción del conocimiento. En consecuencia, los ítemes que conforman las listas no se pueden sin más trasponer al plano mental, para considerarlas como habilidades cognitivas a desarrollar en el estudiante, a modo de componentes estructurales de su equipamiento mental. Sería como confundir el diagrama de los procesos sociales que estructuran la dinámica científica con la topografía de las capacidades mentales que hacen posible participar productivamente en esa dinámica. Pero es ésta precisamente la que necesitamos para elaborar criterios

psicológicos que permitan diseñar actividades didácticas con el propósito de desarrollar esas capacidades.

- La imagen de las prácticas científicas que reflejan los listados de la Tabla 2 ha sido calificada como empirista (Hodson, 1996; Millar y Driver, 1987). Una de las críticas más perspicaces planteadas por estos autores es que no tiene sentido definir competencias científicas exentas de contenidos e independientes de la situación problemática. En efecto, las prácticas de laboratorio a las que se refieren algunos de los trabajos señalados en la Tabla 1 plantean problemas en cuya solución no intervienen significativamente los contenidos específicos de las asignaturas (por ejemplo Archenhold *et al.*, 1988; Lock, 1989; Toh y Woolnough, 1994)
- Se esquematiza y asimila el proceder de los investigadores como una sucesión lineal y rígida de etapas, que comienza en la observación, sigue con la experimentación –reducida esencialmente al control de variables–, y culmina en la verificación o refutación de hipótesis acerca de cierta relación entre las variables medidas. Esta sucesión evoca fuertemente la noción de “método científico”, como guía algorítmica de la producción de conocimiento científico. Son conocidas las críticas filosóficas a esta noción (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, y Praia, 2002). Algunos estudios empíricos van más allá mostrando lo problemático desde el punto de vista formativo de las actividades de investigación escolar diseñadas para fomentar las competencias científicas concebidas de esa manera artificial (Tang, Coffey, Elby, y Levin, 2010). Estos autores mostraron mediante análisis del discurso, que dirigir la atención de los estudiantes sobre los elementos del método científico (por ejemplo, el uso de la palabra “variable” de una manera formalista) inhibía el razonamiento autónomo que los estudiantes habían emprendido al abordar la situación problemática.

Ahora bien, ¿hay alguna alternativa a la definición de las competencias científicas tomando como base el análisis de las prácticas científicas, con su inherente esquematización y olvido del sujeto? Nuestra propuesta parte de reconceptualizar la noción de competencia como indicamos al comienzo del artículo, tomándola como la actuación apropiada a las demandas de la situación en que se encuentra el agente, y no tanto una cualidad estable (Marín y Uribe, en revisión). En esta

visión interactiva y situacional de las competencias no cabría definir un listado predeterminado de competencias independientemente de las demandas situacionales. Por decirlo así, habría tantas competencias como situaciones demandantes, lo que multiplicaría su número hasta el infinito. Pero sí es posible establecer criterios psicológicos para clasificar las situaciones según el tipo de demanda cognitiva, en un intento de disponer de herramientas didácticas para desarrollar el pensamiento científico. La taxonomía de niveles de actuación competente que proponemos en este trabajo es una herramienta de esta naturaleza, construida a partir de un modelo cognitivo del sujeto que especifique las diferentes estructuras mentales que originan el actuar competente, con suficiente detalle psicológico para diseñar tareas que contribuyan a enriquecer tales constructos, y así fomentar las competencias, o dicho de manera más precisa, las actuaciones competentes.

Fundamentos de la taxonomía propuesta

En un trabajo anterior (Marín y Uribe, en revisión) se analizan tres visiones sobre la cognición del estudiante que con frecuencia son usadas para interpretar su pensamiento: el estudiante como científico (AcC), el estudiante como procesador simbólico de información (ApS) y el estudiante como constructor de significados (AcS). Se mostró que esta última opción ofrece el modelo de sujeto más adecuado para afrontar el problema de las competencias. Para no extendernos en exceso, se alude aquí a dos trabajos anteriores (Marín, 2003, pp- 45-50, 2005, pp.28-37) donde se puede apreciar el marco teórico del AcS y que se muestra de forma sintética en la Tabla 3. Para una mejor comprensión del marco AcS, se muestra en la columna izquierda posiciones para entender el conocimiento del sujeto que son consideradas poco adecuadas y, en la columna derecha, las adecuadas y que conformarían el marco AcS que es denominado constructivismo orgánico.

En general, los estudios que han abordado el problema de la adquisición de competencias científicas en el alumnado convergen en admitir que no basta centrarse en la enseñanza de los contenidos específicos de ciencias, sino que es preciso fomentar también aspectos generales de la cognición (Barba y Rubba, 1993; Lawson, 1993; Marín y Benarroch, 2001; Niaz, 1989; Shayer y Adey, 1984; Yalile Sánchez, 2007). En la visión AcS esta distinción se concreta en los constructos

“esquemas específicos dependientes del contenido” (Ee) que proceden por abstracción empírica de las interacciones del sujeto con su medio y los “esquemas operatorios” (Eo) que son construidos por procesos de abstracción reflexiva (Marín, 1994a).

En el contexto teórico del AcS es posible crear una taxonomía para estructurar tareas que forman competencias científicas (o dicho brevemente, para clasificar competencias científicas). La característica principal de este instrumento es su carácter jerárquico, puesto que la evolución cognitiva del sujeto pasa por una serie de niveles cognitivos (Piaget, 1977). También es cierto que estos niveles no dependen exclusivamente de las capacidades operacionales del sujeto (ver por ejemplo Inhelder y Piaget, 1972), sino también de los esquemas específicos que se posean en cada momento (Marín, 1994a).

La competencia científica (CC) se da ante un cierto tipo de demandas cognitivas que son las específicas y características de las prácticas científicas. Aunque son muy variadas las demandas de este tipo, cabría agruparlas en primera aproximación en los grandes subtipos definidos en la Tabla 2. Se podría pensar que dichas categorías describen las capacidades cognitivas del experto de ciencias cuando en realidad son reconstrucciones epistemológicas de las manifestaciones cognitivas y observables de la actividad del científico, es decir, ha existido cierta indiferenciación entre lo epistemológico y lo psicológico.

Al abordar el problema de las competencias basado en un modelo cognitivo sensible a los datos psicológicos, se pretende marcar la diferencia necesaria que debe existir entre lo lógico y lo psicológico y, a la vez, descender a detalles que puede aportar esto último. En efecto, el modelo que se va a manejar para que aflore una cc es el siguiente: en un primer momento el sujeto genera en la memoria operativa (Mo) una representación $R(d)$ de la demanda específica d que le llega del exterior, usando algunos de sus esquemas específicos y operatorios, aquellos que son más adecuados para resolver $R(d)$. Será pues la combinación en Mo de los recursos cognitivos del sujeto, entre los cuales destacamos los esquemas Ee y Eo, con $R(d)$, de donde surgirá la competencia cc (Case, 1983; Pascual-Leone, 1983). Todo ello cabría expresarlo en la siguiente fórmula:

$$Cc = f(Eo + Ee + R(d))$$

Obsérvese que el único elemento de la fórmula que sería externo al sujeto es cc pues E_o , E_e y $R(d)$ son internos. Con ello también se quiere indicar que las competencias más que coincidir con las características cognitivas del sujeto son las manifestaciones externas de éstas ante la demanda de un contexto práctico (Marín y Uribe, en revisión).

Propuesta de una taxonomía de los niveles de la actuación competente

Usando el modelo $Cc = f(E_o + E_e + R(d))$ ha sido posible crear cuatro niveles de exigencia cognitiva creciente. La cuestión clave para definir cada nivel ha sido la siguiente: ante la demanda externa donde se suele dar una cc ¿qué constructos cognitivos del sujeto requieren ser activados para resolver dicha demanda?

La Tabla 4 muestra los cuatro niveles de la exigencia cognitiva de la actuación competente. En la columna de la izquierda se da una sintética definición del nivel taxonómico, mientras en la columna de la derecha se muestra una lista ilustrativa de competencias de cada nivel.

Nivel A. Competencias científicas manipulativas o psicomotrices. Habría un primer nivel de competencias que solo requiere del contenido procedimental de los esquemas específicos (“saber hacer”) y cuya demanda es resuelta también en este nivel manipulativo. No es preciso el uso de esquemas operacionales, ni hacer construcciones declarativas *in situ*. Usando la fórmula deducida del modelo, valdría expresarlo así: $Cc1 = f(p(E_e) + R(d))$, donde $p(E_e)$ significa que sólo intervienen esquemas específicos a nivel procedimental.

Nivel B. Competencias científicas concretas. Un segundo nivel agrupa las CC que requieren E_o característicos del nivel concreto piagetiano. Además se establece que para que sean competencias científicas los E_e deben tener una coordinación entre la comprensión y la extensión semejante a la que se da en los conceptos de ciencias. Por ejemplo, existiría buena coordinación ante una serie de objetos geométricos cuando dado el criterio de clasificación (comprensión) “objetos triangulares” se reúnen todos los objetos que cumplen con el criterio (extensión). La fórmula adoptaría la siguiente expresión: $Cc2 = f(c(E_e) + c(E_o) + R(d))$. Donde $c(E_e)$ son los esquemas con un nivel de coordinación entre comprensión y extensión semejante al que se da en ciencias y $c(E_o)$ son esquemas operacionales del nivel de operaciones concretas.

La desaparición del egocentrismo preoperacional, repercute positivamente en la elaboración de trabajos colaborativos por lo que aparecen también otras competencias ligadas a este tipo de actividad.

Nivel C. Competencias científicas formales. Un tercer nivel de CC se daría cuando aparecen las operaciones formales piagetianas (control de variables, búsqueda de variables significativas de un problema bien establecido, estrategias hipotético-deductivas para buscar una solución, etc.), y los Ee que posee el sujeto permiten hacer modelizaciones de objetos y situaciones reales semejantes a las hechas con base en la ciencia y que usan análogas propiedades y variables para caracterizar los contextos donde se dan las demandas. En este caso la fórmula tomaría el siguiente aspecto: $Cc3 = f(m(Ee) + f(Eo) + R(d))$. Donde $m(Ee)$ sería los esquemas específicos del sujeto enriquecidos adecuadamente con los contenidos de ciencia (Marín, 2010) como para poder hacer modelizaciones semejantes a las que se hacen desde las ciencias y $f(Eo)$ se refiere a los esquemas operatorios propios del nivel formal.

El uso de las operaciones formales en la argumentación permite al alumno realizar construcciones declarativas “in situ” coherentes. Así podrá argumentar coherentemente para defender una determinada posición, entrar en el juego de las refutaciones o elaborar un informe sobre una actividad realizada, competencias de comunicación propias del ámbito científico.

Nivel D. Competencias metacognitivas. El cuarto nivel de CC se ubica en un espacio metarreflexivo y metacognitivo. Son competencias del más alto nivel dado que se generan cuando se toma conciencia del grado de validez y utilidad que tienen los diferentes conocimientos generados por el ser humano para resolver problemas. Esta validez se asocia con el grado de confrontación que ha tenido un determinado conocimiento con la realidad que intenta describir. En esto hay una actitud madura para empatizar o comprender el punto de vista de los demás, para afrontar los conflictos como algo que forma parte de la interacción social y natural, para preverlos al estar formando parte de hechos posibles o tomar medidas consecuentemente.

Utilidades didácticas de la taxonomía propuesta junto al contexto teórico del alumno como constructor de significados (ACS)

El presentar una lista de competencias ordenada por niveles según el grado de exigencia cognitiva, determina en buena medida el grado de complejidad con que habría que diseñar la enseñanza dirigida a fomentar las cc. Por otro lado, la taxonomía de competencias propuesta emana del contexto teórico AcS del cual se pueden deducir una serie de orientaciones didácticas adecuadas para cada nivel taxonómico (Marín, 2005; Shayer y Adey, 1984).

La taxonomía de competencias propuesta, basada en el contexto teórico AcS puede ser útil para adecuar los contenidos de enseñanza al alumno. En efecto, del mismo modo que se debe acondicionar los contenidos específicos de ciencias a los distintos niveles educativos del ámbito académico –transposición didáctica– se debe proceder con las competencias científicas. Ahora bien, la adecuación de éstas a cada nivel educativo dependerá en buena medida de cómo se ponderen en el currículo los criterios disciplinares frente a los ligados al aprendizaje (Jiménez-Aleixandre y Sanmartí, 1997; Marín, 2005). Existen tres planos diferentes donde se pueden dar competencias y que sería necesario considerar para realizar esta “transposición didáctica”:

- Competencias científicas que se dan en los escenarios donde se construye el conocimiento científico (CcC). Son las ligadas a los distintos contextos en los cuales se construye o se utiliza este conocimiento: contexto de descubrimiento ligado a la actividad del científico, contexto de interacción entre ciencia privada y social, contexto de interacción entre ciencia, tecnología y sociedad y contexto de justificación (Marín, 2003b). Las CcC son el referente básico que habrá que tener en cuenta para diseñar cualquier lista de competencias científicas escolares.
- Competencias previas del alumno (CcA). Son aquellas que ha desarrollado el alumno fruto de su interacción con su entorno cotidiano y académico. Es importante considerar y delimitar CcA para evitar fomentar competencias que queden lejos del nivel cognitivo del alumno (Marín, 2003b). Desde la perspectiva AcS se ha mostrado que los contenidos que pueden fomentar competencias, sobre todo

los procedimentales, no pueden adquirirse sin que exista una estructura cognitiva con el mínimo nivel de desarrollo (Inhelder, Sinclair y Bovet, 1974; Shayer y Adey, 1984).

- Competencias científicas académicas (CcD). Son las que en última instancia se desean fomentar en el aula. Estas competencias están relacionadas con la educación tecno-científica del alumno para un mejor desenvolvimiento en la sociedad actual y con valores personales y sociales que se suele ampliar a nivel universitario con otras del valor profesional hacia donde están enfocados sus estudios.

¿Y en qué medida puede colaborar la taxonomía de competencias propuesta, en el contexto teórico del AcS, a configurar la lista de CcD? Pues la taxonomía junto al AcS ofrecería recursos metodológicos suficientes para tomar la información del alumno a fin de delimitar CcA. Brevemente para no extendernos:

- Frente a los sesgos usuales de AcC delimitando el conocimiento del alumno usando como referente de comparación el contenido académico de ciencias, AcS ofrece un contexto que minimiza los sesgos al ser más cercano para interpretar adecuadamente el conocimiento del alumno y obtener información más amplia y más ajustada a lo que el alumno sabe (Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín, 2006; Marín, 1997; Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004; Marín, Jiménez-Gómez, Solano y Benarroch, 2001; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001).
- Frente a las posiciones reduccionistas de AcC tomando solo información de “lo que sabe el alumno” sobre el contenido de enseñanza y ApS centrado en cómo procesa el alumno información, la visión AcS no solo se preocupa del conocimiento específico del sujeto, esté más o menos vinculado al académico, sino que percibe también muy relevante el conocimiento procedimental. Y no en el sentido restrictivo que lo percibe ApS (procesador simbólico) sino como el que realiza procesos inferenciales para establecer relaciones causales (Piaget y García, 1973), realizar agrupamientos, correspondencias y seriaciones, operar inductiva y deductivamente, etc., etc. La actividad asimiladora y ejecutora de los esquemas de conocimiento es básicamente procedimental (Coll, 1983; Marín, 1994a). La existencia del constructo esquema

operatorio centra más aún si cabe la importancia que da AcS al conocimiento procedimental. Desde que se percibe la importancia de las estructuras lógicas subyacentes del conocimiento del alumno (Inhelder y Piaget, 1972) se abrió una línea fructífera de trabajos sobre conocimiento procedimental (Benarroch, 1998; Inhelder, Sinclair y Bovet, 1974; Lawson, 1994b; Marín, 1994b; Niaz, 1991; Shayer y Adey, 1984, 1993) que a lo largo de la década de los ochenta fue paulatinamente decayendo a favor de la visión AcC (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

- El valor de mostrar las competencias según el grado de dificultad que tienen los diferentes constructos cognitivos de donde surgen (Tabla 4), aún sin descender al detalle sobre el conocimiento del aprendiz que aporta un cuestionario diseñado en el marco AcS, permite análisis de cierto detalle que no podrían hacerse sólo con criterios epistemológicos. Así, se ha querido mostrar con la Tabla 5 este valor adicional. En esta tabla se hace un análisis de algunas competencias científicas especificadas en la primera columna de los “Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales” colombianos (MEN, 2004) con el título: “Me aproximo al conocimiento como un científico(a) natural”, indicando el nivel en el que deben ser tratadas para estar de acuerdo con el nivel de desarrollo del estudiante, así como unas indicaciones y diferenciaciones según el nivel educativo para acomodar el nivel de exigencia de las actividades al nivel cognitivo de los alumnos.

La información tomada al alumno sobre sus CcA, en el contexto AcS, permitiría precisar el nivel más adecuado de la taxonomía que habría que fomentar en clase, permitiendo una transposición didáctica más ajustada a sus capacidades reales. La línea de trabajo donde se diseñan las estrategias de enseñanza en función de los niveles cognoscitivos del alumno para una diversidad de contenidos procedimentales ha mostrado ser bastante fructífera (Marín y Benarroch, 2001; Shayer y Adey, 1984).

La lista de competencias agrupada por niveles de dificultad, precisada con la información tomada al alumno sobre el contenido específico de enseñanza y estructurada también en niveles de dificultad asociados al nivel cognitivo del alumno, daría al docente de ciencias grandes posibilidades: a) al conocer los porcentajes de alumnos que

se encuentran en cada nivel, puede hacer diseños de intervención más ajustados; b) la secuenciación de los contenidos y subcontenidos que son objeto de enseñanza es inmediata si se hace correr paralela a las sugerencias que aportan los niveles; c) ahora que el docente tiene la mejor información del esquema de conocimiento del alumno podrá buscar modos de enseñanza más adecuados para activarlos, al fin y al cabo el aprendizaje supone procesos de asimilación y acomodación de los contenidos nuevos por parte de los esquemas de conocimiento del alumno.

Tabla 1. Listados de competencias revisados

Fuentes	Propósito del listado	Rango edad	Validación del esquema	Observaciones
Lock (1989)	Evaluación en el aula e investigación	11-17	Panel de expertos en educación y en ciencias	
Archenhold (1988)	Evaluación externa oficial a gran escala del sistema educativo inglés	15	Consulta amplia oficial a las partes interesadas	La elaboración del marco fue el paso preliminar del proyecto, Assessment of Performance Unit
Boud et al (1986)	Diseño curricular de las prácticas de laboratorio	Nivel universitario	Revisión de la literatura	Derivado de Klopfer (1971), la taxonomía de objetivos educativos en el dominio procedimental
Brotherton y Preece, (1995)	Diseño del programa SAPA, uno de los nuevos currículos globales de primaria más influyentes	5-12	Desarrollado por R. Gagné a partir de su marco psicológico. Sometido luego a validación empírica	Originalmente publicado en AAAS (1967);
Toh y Woolnough (1994)	Investigar la transferencia de las cc	13	Revisión de la literatura; investigación empírica	
Kirschner (1991)	Desarrollo curricular	Universitario	Revisión muy amplia de la literatura; análisis de contenido de muchos planes de estudio	Es un trabajo especialmente sistemático y elaborado
Menzie (1970)	Desarrollo curricular	Universitario (física)	Revisión de la literatura	
Beard (1974)	Desarrollo curricular	Universitario (física)	Análisis documental de un plan de estudios	
Germann y otros (1996)	Evaluación curricular e investigación didáctica	General	Análisis de contenido de manuales de laboratorio	Los ítems se tomaron del LAI, Laboratory Assessment Instrument (Tamir y Lunetta, 1981)
Millar y otros (1997)	Evaluación curricular e investigación didáctica	General	Análisis de contenido de manuales de laboratorio.	Este trabajo es resultado de un proyecto europeo de gran envergadura. Paneles de expertos
Lawson (1994b)	Diseño curricular	General	Análisis teórico (epistemológico y cognitivo)	Su sustrato teórico es piagetiano
Boud et al (1980)	Identificar los objetivos reales de prácticas	Universitario	Cuestionario a estudiantes y graduados	Se eliminaron objetivos en los dominios cognitivo y afectivo, y algunos objetivos procedimentales redundantes
Klopfer (1990)	Evaluación curricular	General	Revisión de la literatura	Se evaluó el impacto de los currículos orientados a la indagación de los años 60

Tabla 2A. Análisis de las competencias científicas propuestas

Lock (1989)	APU (Archenhold et al, 1988)	Boud et al (1986)	S-APA (Brotherton y Preece, 1995)	Toh y Wool-nough (1994)	Kirschner (1991)	Menzie (1970)	Beard (1974)
1. Observation	3. Making and interpreting observations	· Observing and measuring	· Observing · Measuring · Classifying	Preliminary trials		Skills and principles of measurement	1. Obtención de datos
2. Manipulation	2. Use of apparatus and measuring instruments.	Manual skills	Experimenting	Performing	D. Use laboratory skills in performing simple experiments	How one conducts an experiment	4. Aplicación de técnicas experimentales
3. Interpretation	4.i) Interpreting presented information	· Interpreting and formulating generalizations	· Interpreting Data Defining Operationally	Interpreting	E. Interpreting experimental data	How one analyzes an experiment	7. Interpretación y explicación
4. Planning	5. Planning investing. 6. Performance of investigations	· Seeing a problem and seeking ways to solve it	· Controlling Variables	Planning Feedback	C. Design simple experiments to test hypotheses	The recognition [of] a question to be asked. How to ask a quest. of nature	4.6 Plantear experim. dentro de limitaciones prácticas y económicas
5. Report		Communication skills	· Recording/ Displaying Data	Communicating	F. Clearly describe an experiment	· communicate what experimenter has learned	8. Comunicación
[Teorizar]		· Building, testing revising a theoretical model	Formulating Hypotheses			How one draws conclusions from experimental work	6. Evaluar solución a problemas 9.5 Capacidad de juicio
[Aplicar]	4. ii) Applying science concepts	· Application of scientific knowledge y methods	Predicting		A. Solve problems B. Use knowledge& - skills		2. Aplicación de los principios de la física

Tabla 2B. Análisis de las competencias científicas propuestas

Lock (1989)	LAI (Germann et al 1996)	Millar et al (1997)	Lawson (1994)	Boud et al (1980)	Klopfer (1990)
1. Observation	3a. (Student) performs qualitative observations		1. accurately describing nature	· train students in observation	Al-2 Observing (describing) objects and phenomena
2. Manipulation ...	3. Student Performance [Items 3b, etc.]	f. Use a standard laboratory instrument or set up and use a standard piece of apparatus. g. Carry out a standard procedure	5.b conducting controlled experiments to test hypotheses	teach basic practical skills · familiarize students with apparatus and measurement techniques	A3-6. Measuring; using common laboratory equipment
3. Interpretation	4. Student analysis/interpretation	i. process data	6. collecting, organizing and analyzing relevant experimental and correlational data.		C]. organize ... and interpret the data and observations obtained by experimentation.
4. Planning	1. Student posing a problem 2. Student planning and design	h. plan an investigation to address a specific question of problem	2. sensing and stating causal questions about nature. 5.a planning controlled experiments to test hypotheses	train students in simple aspects of experimental design	B. ask appropriate scientific questions and to recognize what is involved in answering questions via experiments
5. Report		k. communicate the results of their work		Train students in writing reports of experiments	C[b]. communicate .. data and observations obtained .
[Teorizar]		j. to use data to support a conclusion	4. generating logical predictions. 3. recognizing, generating and stating alternative hypotheses and theories	train students in making deductions from measurement and interpretation of experimental data	D. Ability to draw conclusions or make inferences from data, observations and experimentation E. Ability to recognize role of experiments and observations in development of scientific theory
[Aplicar]	5. Student application		7. drawing and applying reasonable conclusions	use experimental data to solve specific problems	

Tabla 3. Posiciones para entender el conocimiento del sujeto
Constructivismo orgánico

Posiciones menos adecuadas		Posición más adecuada
<p>1. El conocimiento del alumno se percibe organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante a la estructura conceptual de ciencia, a saber: conceptos bien definidos y ligados a los demás por relaciones lógicas de coordinación y subordinación. En tal caso, se tiende a sesgar el conocimiento del alumno percibiéndolo más racional y menos afectivo de lo que es en realidad. Existe confusión entre lo lógico y lo psicológico.</p> <p>2. Al interpretar el conocimiento del alumno desde estructuras conceptuales que se rigen por la lógica de clases, como es el caso del conocimiento de ciencias, se percibe un conocimiento incoherente, fragmentado y confuso. Es lógico que se vea así puesto que se está comparando con un conocimiento, el de ciencias, que es más coherente y preciso.</p>	Organización cognitiva del sujeto	<ul style="list-style-type: none"> • El aprendiz posee, además de estructuras conceptuales, otros contenidos cognitivos, como los contruidos por interacción con su entorno físico e interpersonal. Estos poseen a menudo carácter implícito y procedimental sin mucho vínculo con la estructura conceptual (saber hacer pero no decir) y más relacionados con las estructuras afectivas. Ver 1. • Las fronteras borrosas de las categorías naturales que construye el sujeto chocan con los conceptos bien definidos de ciencias. • El conocimiento busca ser coherente. Esto es una consecuencia de su tendencia orgánica de autorregulación y equilibración por las que se rigen sus construcciones cognitivas. El sujeto percibe su propio conocimiento coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano. Esto se opone a 2.
<p>Es inadecuada cualquier opción que admita cierta correspondencia entre lo enseñado y lo aprendido, entre objeto real y su imagen. Por tanto, sería inadecuado:</p> <p>3. Creer que es posible tomar directamente el significado, parcial o total, de algunas o todas las entidades externa al sujeto (objetos, palabras, dibujos ..).</p> <p>4. Los vínculos causales directos entre lo que se enseña y lo aprendido, entre condiciones de enseñanza y de aprendizaje, como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Admitir que de forma inmediata (visión directa) o mediada (visión interpretativa) el aprendiz puede adquirir todo lo enseñado. • Creer que aprender es tan simple como relacionar de forma sustantiva las ideas nuevas que se enseñan con las previas que posee el aprendiz. O que se aprende fácil si se procura enseñar correctamente. <p>Y ya en el ámbito de la DCE, son discutibles las siguientes visiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suponer que los conflictos cognitivos que se dan en el progreso de las teorías de ciencias son similares a los que sufre el aprendiz de ciencias. • Pensar que un contexto de clase que simule la actividad de los científicos crea las mejores condiciones para favorecer el aprendizaje. 	Marco sobre cómo aprende el sujeto	<p>Es adecuado imaginar que entre conocimiento y exterior existe una membrana que impide comparaciones o apropiaciones directas, pero su flexibilidad permite interacciones entre sujeto y objetos. La imagen de esta membrana flexible que impide trasvases permite entender mejor que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • los significados no llegan asociados a los significantes externos sino que los asigna el sujeto en función del conocimiento que posee. Una misma percepción para diversos sujetos puede tener significados diferentes 3. • no se pueden establecer vínculos directos entre enseñar y aprender dado que son dos procesos diferentes 4. Toda construcción cognitiva es interna al sujeto por muy favorables que sean las condiciones externas. <p>La flexibilidad de la membrana admite interacciones entre sujeto y objetos lo que permite construir modelos del objeto cada vez más adaptados al real. La membrana del idealismo sería más rígida. Los esquemas permiten otras construcciones cognitivas más allá de las conceptuales por:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) asimilación y acomodación b) coordinación y diferenciación de esquemas c) por procesos de abstracción reflexiva d) toma de conciencia.

Tabla 4. Niveles cognitivos en la actuación competente

Definición	Lista Ilustrativa de competencias
Nivel A	
<p>Conjunto de acciones aplicadas sobre objetos o instrumentos físicos llevadas a cabo con la intención de indagar sobre un efecto, una relación causal sensomotriz, un mejor aprovechamiento de la herramienta, etc.</p> <p>La demanda y la resolución requieren del uso procedimental e implícito de uno o varios esquemas de conocimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Técnicas. Secuencia de acciones mecánicas para conseguir una meta (graficar, montar) – Habilidades instrumentales. Conjunto de acciones para el uso de instrumentos (balanza, cronómetro, nonius) – Habilidades informáticas ligadas al manejo de programas utilitarios
Nivel B	
<p>Son operaciones inductivas que se ejercen sobre objetos y situaciones asimilados mediante esquemas específicos de modo que en sus manifestaciones conceptuales está bien coordinada la comprensión con la extensión.</p> <p>La desaparición del egocentrismo preoperacional, repercute positivamente en la elaboración de trabajos colaborativos por lo que aparecen también otras competencias ligadas a este tipo de actividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Anticipar a partir de las regularidades o direcciones percibidas en un fenómeno – Ordenar (comparar, clasificar, seriar, o establecer correspondencias) – Medir variables. – Generalizar a partir de datos concretos mediante inferencias inductivas. – Indagación exploratoria. – Trabajo colaborativo
Nivel C	
<p>Son aquellas donde se puede identificar operaciones formales (control de variables, búsqueda de variables significativas de un problema bien establecido, estrategias hipotético-deductivas para buscar una solución, etc.) y, a la vez, dichas operaciones se coordinan con esquemas específicos que dan significados a las variables implicadas en la situación o el contexto coherentes con los significados de la comunidad científica.</p> <p>El uso de las operaciones formales en la argumentación permite al alumno defender con palabras una determinada posición, entrar en el juego de las refutaciones o realizar un informe sobre una actividad realizada; competencias de comunicación propias del ámbito científico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Competencias donde subyace el pensamiento proporcional – Aplicar el principio de acción y reacción para evaluar interacciones entre sistemas – Coordinar sistemas de referencia – Establecer estrategias hipotético – deductivas para buscar la solución a problemas – Elaborar estrategias experimentales – Habilidades de modelación – Habilidades de comunicación
Nivel D	
<p>Son aquellas que emanan de la toma de conciencia de las operaciones del nivel anterior y su importancia para generar conocimiento válido desde una perspectiva constructivista.</p> <p>Actitud constructivista para comprender otros puntos de vista o gestionar los conflictos personales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Reconocer la validez del conocimiento de ciencias por las estrategias de confrontación con que se ha construido. – Argumentar sobre la falta de validez de un conocimiento por la imposibilidad de ser falsado. – Apreciar el conocimiento de ciencias más por su utilidad que por su supuesto valor intrínseco

Tabla 5. Adecuación usando los niveles taxonómicos para algunas competencias de los estándares de competencias para Colombia

Competencia Científica	Grado de estudios	Edades	Nivel	Sugerencia para acomodar la actividad al aprendiz
Formular hipótesis				
Hago conjeturas para responder mis preguntas	(1, 2, 3)	6-9	B	Estimula un pensamiento inductivo sobre entidades y propiedades fácilmente visualizables (concretas)
Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas	(4, 5)	9-11	B	La demanda explicativa no debería ir más allá de inferencias inductivas a partir de las observaciones
Formulo explicaciones posibles, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos, para contestar preguntas	(6, 7)	11-13	B	Solo se exige una buena coordinación entre la comprensión y la extensión de los conceptos similar a la usada en los conceptos de ciencias
			C	Se requiere realizar inferencias formales que involucren conceptos teóricos de los contenidos de ciencias
Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos	(8, 9) (10, 11)	13-17	C	Las hipótesis se formulan en un contexto hipotético – deductivo, para efectuar inferencias formales que involucren conceptos teóricos de los contenidos de ciencias que quedan al alcance del significado del aprendiz
Identificación de variables				
Identifico condiciones que influyen en los resultados de una experiencia.	(1, 2, 3)	6-9	B	Requiere solo una reconstrucción inductiva y cualitativa de las condiciones
Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento.	4-11	9-17	C	Las variables deben ser asimiladas a las que se formulan en el contexto académico
Experimentación				
Diseño y realizo experiencias para poner a prueba mis conjeturas	(1, 2, 3)	6-9	B	El papel de la experiencia será solo para “comprobar” la plausibilidad de la conjetura
Diseño y realizo experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas	(4, 5)	9-11	B	La variable se debe formular y formalizar desde el contexto académico para responder adecuadamente
Diseño y realizo experimentos y verifico el efecto de modificar diversas variables para dar respuesta a preguntas	(6, 7) (8 - 11)	11-17	C	Experiencia e hipótesis se desarrollan en el contexto de un pensamiento hipotético – deductivo aplicando el esquema de control de variables

Aclaración: La columna nivel indica el máximo nivel de exigencia cognitiva que pueden tener las actividades para el ciclo educativo correspondiente y “sugerencia para acomodar la actividad al aprendiz” indica las condiciones para que la demanda de las actividades quede ajustada al aprendiz

Bibliografía

- AAAS, American Association for the Advancement of Science. (1967). *Science, a process approach*. Washington, D.C.: Ginn.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R. A., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., *et al.* (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education*. *Science Education*, 88(3), 397 – 419.
- Anderson, R.D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En: S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook on research on science education* (págs. 807-830). Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum.
- Archenhold, F. (Ed.). (1988). *Science at age 15. A Review of APU survey findings. 1980-1984*. Londres: Department of Education and Science.
- Bacarat, M., y Graziano, N. (2004). En: G. Bustamante (Ed.). *El concepto de competencia II: una mirada interdisciplinar*. Segunda edición págs. 63-89. Bogotá: Socolpe.
- Barba, R.H., y Rubba, P. A. (1993). Expert and novice, earth and space science: teachers' declarative, procedural and structural knowledge. *International Journal of Science Education*, 15(3), 273-282.
- Barrantes, E. (2002). *Política social, evaluación educativa y competencias básicas: una mirada desde las políticas internacionales*. En: G. Bustamante (Ed.), *El Concepto de Competencia I: Una mirada interdisciplinar* (págs. 125-171). Bogotá: Socolpe.
- Beard, R. (1974). *Pedagogía y didáctica de la enseñanza universitaria*. Barcelona: Oikos-tau.
- Benarroch, A. (1998). *Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia*. Tesis no publicada. Universidad de Granada.
- BOE. (2006) Real Decreto 1513/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la educación primaria. BOE no 293, de 8 de diciembre de 2006.
- Bogoya, D. (2000). *Competencias y proyecto pedagógico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Boud, D., Dunn, J., y Hegarty, E. (1986). *Teaching in Laboratories*. Guildford: Society for research into higher education y NFER-NELSON.
- Boud, D., Dunn, J., Kennedy, T., y Thorley, R. (1980). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduates and practicing scientists. *European Journal of Science Education*, 2, 415-428.
- Brotherton, P.N., y Preece, P. (1995). Science process skills: their nature and interrelationships. *Research in Science y Technological Education*, 13(1), 5-11.
- Bustamante, G. 2003. *El concepto de competencia III. Un caso de recontextualización: las "competencias" en la educación colombiana*. Bogotá: Socolpe.

- Bustamante, G. (2004). La moda de las “competencias”. En: Sociedad Colombiana de Pedagogía (Ed.), *El Concepto de competencia II: una mirada interdisciplinar* (segunda edición, págs. 10-20). Bogotá: Socolpe.
- Case, R. (1983). El desarrollo intelectual: una reinterpretación sistemática. En M. Carretero y J.A. García Madruga (Eds.), *Lecturas de psicología del pensamiento. Razonamiento, solución de problemas y desarrollo cognitivo* (págs. 339-362). Madrid: Alianza Editorial.
- Chinn, C.A., y Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Clark A. Chinn, Betina A. Malhotra. *Editorial Sci.* 86:175–218, 2002. *Science Education*, 86, 175-218.
- Coll, C. (1983). La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En: C. Coll (Ed.), *Psicología genética* (págs. 183- 201). Madrid: Siglo XXI.
- Etkina, E.; Karelina, A., y Ruibal-Villaseñor, M. (2008). How long does it take? A study of student acquisition of scientific abilities. *Physical review special topics - physics education research*, 4, 020108-1-15.
- European Commission. (2007). *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Recuperado Febrero 14, 2011, a partir de http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-roc-card-on-science-education_en.pdf
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. F. (2002). *Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza*. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Germann, P.J., Haskins, S., y Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
- Gimeno, J. (2009). Diez tesis sobre la aparente utilidad de las competencias en educación. En: J. Gimeno (Ed.), *Educación por Competencias, ¿qué hay de nuevo?* (págs. 17-58). Madrid: Morata.
- Gómez, J. H. (2002). *Competencias: problemas conceptuales y cognitivos*. En: G. Bustamante (Ed.), *El concepto de competencia: una mirada interdisciplinar* (págs. 97-123). Bogotá: Socolpe.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. En: *Journal of curriculum studies*, 28(2), 115-135.
- Inhelder, B., y Piaget, J. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós.
- Inhelder, B., Sinclair, M., y Bovet, M. (1974). *Aprendizaje y estructuras de conocimiento*. Madrid: Morata.

- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Sanmartí, N. (1997). *¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos de la Educación Secundaria*. En: L. del Carmen (Ed.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria* (págs. 17-46). Barcelona: ICE/Horsori.
- Jiménez-Gómez, E., Benarroch, A., y Marín, N. (2006). The coherence of conceptions: a study concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.
- Kirschner, P. A. (1991). *Practicals in Higher Science Education: a study of the objectives and end-terms for practicals in distance and traditional educational settings*. Utrecht: Lemma.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science. En B. S. Bloom, J. T. Hastings, y G. F. Madaus (Eds.), *Handbook of formative and summative evaluation of student learning*. Nueva York: McGraw.
- Klopfer, L. E. (1990). *Learning scientific enquiry in the student laboratory*. En: E. Hegarty (Ed.), *The student laboratory and the Science Curriculum* (págs. 95-118). Londres: Routledge.
- Lawson, A. E. (1993). Deductive reasoning, brain maturation and science concept acquisition: Are they linked? En: *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (9), 1029-1051.
- Lawson, A. E. (1994a). *Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales*. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 165-187.
- Lawson, A. E. (1994b). Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations of cognition. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning* (págs. 131-176). New York: MacMillan.
- Lock, R. (1989). Assessment of practical skills part 1. The relationships between component skills. *Research in Science y Technological Education*, 7(2), 221-233.
- Maldonado, M. A. (2006). *Competencias, método y genealogía: pedagogía y didáctica del trabajo*. Ediciones ECOE, Bogotá.
- Marín, N. (1994a). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (20), 195-208.
- Marín, N. (1994b). Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico.
- Marín, N. (1997). *Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales*. Almería: Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marín, N. (2003a). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Extra, 43-55.
- Marín, N. (2003b). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 65-78.

- Marín, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Marín, N. (2010). *Nuevas opciones constructivas en la teoría de Piaget sugeridas por las ideas de Vygotsky*. EDUCyT, 1(1). Recuperado a partir de https://docs.google.com/viewer?url=http://www.educyt.org/portal/imagenes/stories/revistas/revistaeducyt1/4_Articulo_Nicolas_Marin.pdf
- Marín, N., y Benarroch, A. (2001). Los problemas de enseñanza de los contenidos procedimentales como un reto común de las didácticas específicas. En: F.J. Perales (Ed.). *Actas del I Congreso de Didácticas Específicas* (págs. 1887-1900). Granada: Departamentos de didácticas específicas. Universidad de Granada.
- Marín, N., Jiménez-Gómez, E., y Benarroch, A. (2004). How to identify replies that accurately reflect student's knowledge? A methodological proposal. *international journal of science education*, 26(4), 425-445.
- Marín, N., Jiménez-Gómez, E., Solano, I., y Benarroch, A. (2001). New Trends in Studies on Conceptions in Science. En: F. Columbus (Ed.), *Advances in Psychology research* (Nova., págs. 315-350). New York.
- Marín, N., Solano, I., y Jiménez-Gómez, E. (1999). *Tirando del hilo de la madeja constructivista*. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 479-492.
- Marín, N., Solano, I., y Jiménez-Gómez, E. (2001). Characteristics of the methodology used to describe student's conceptions. En: *International Journal of Science Education*, 23(7), 663-690.
- Marín, N. y Uribe, C. *Las competencias científicas desde una visión del sujeto como constructor de significados*. *Enseñanza de las Ciencias*.
- Menzie, J. (1970). The lost arts of experimental investigation. En: *American Journal of Physics*, 38(9), 1121-1127.
- Millar, R., y Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Millar, R., Le Maréchal, J. F., y Tiberghien, A. (1997). Varieties of 'labwork'. Presented at the *European Science Education Research Association*, Roma, 2-6 Septiembre. Roma.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en Ciencias, ¡El desafío!* Serie Guías, No. 7. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Minner, D., Levy, A.J., y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Niaz, M. (1989). The relationship between M-Demand, algorithms, problem solvin: A Neopiagetian analysis. En: *Journal of Chemical Education*, 66(5), 422-424.
- Niaz, M. (1991). Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis. En: *Journal of Research in Science teaching*, 28 (1), 19-40.

- OECD. (2009). PISA Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science. Recuperado Febrero 14, 2011, a partir de <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>
- Pascual-Leone, J. (1983). *Problemas constructivos para teorías constructivas*. En: M. Carretero y J. A. García Madruga (Eds.), *Lecturas de psicología del pensamiento*. (págs. 363-392). Madrid: Alianza Editorial.
- Piaget, J. (1977). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin.
- Piaget, J., y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.
- Reich, R. (1992). *The work of nations*. New York: Vintage Press.
- Rychen, D. S., y Salganik, L. H. (Eds.). *Key Competencies for a Successful life and a well-functioning society*. Göttingen: Hogrefe y Huber.
- School Curriculum and Assessment Authority. (2003). *The national curriculum orders for England*. Londres: SCAA.
- Shayer, M. y Adey, P.S. (1984). *La ciencia de enseñar Ciencia*, 'Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum'. Madrid: Narcea.
- Shayer, M., y Adey, P.S. (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: three years after a two years intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 351- 366.
- Tamir, P., y Lunetta, V.N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65(5), 477-484.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., y Levin, M. (2010). The Scientific Method and Scientific Inquiry: Tensions in teaching and learning. Xiaowei Tang, Janet E. Coffey. *Science Education*, 94, 29 -47.
- Tobón, S. (2006a). *Competencias en la educación superior: Políticas hacia la calidad*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Tobón, S. (2006b). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: ECOE.
- Toh, K. A., y Woolnough, B. (1994). Science process skills: are they generalisable? *Research in Science y Technological Education*, 12(1), 31-42.
- Uribe, C. (2000). *Una metodología de análisis de objetivos procedimentales para los guiones de Laboratorio en la licenciatura de físicas*. Tesis doctoral (edición en microficha). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Uribe, C., Quintero, M., y Rodríguez, A.M. (2006). *Metacognición e intervención en el desarrollo cognitivo mediante la educación en ciencias naturales*. *Journal of Science Education*, 7(2).
- Vasco, C. (2006). *Siete retos de la educación colombiana*. Conferencia pronunciada en la universidad EAFIT. Medellín, 10 de marzo de 2006. Recuperado: Febrero 14, 2011 en <http://www.eduteka.org/pdfdir/RetosEducativos.pdf>
- Wilson, C.D., Taylor, J.A., Kowalski, S.M., y Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276-301.

- Yalile Sánchez, (2007). H. La solución de problemas como un campo de concurrencia de distintas teorías en psicología. En: *Revista Colombiana de Psicología*, 16, 147-162.
- Zimmerman, C. (2005). The development of scientific reasoning skills: what psychologists contribute to an understanding of elementary science learning: final draft of a report to the national research council committee on science learning kindergarten through eighth grade. Recuperado: Febrero 21, 2011, en: http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf