

Sobre la enseñanza de las ciencias naturales¹

On the teaching of the natural sciences

José Antonio Chamizo

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Yosajandi Pérez

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Maestra en Docencia.

Estudiante de Doctorado en Ciencias (DCTS).

Resumen

En el presente trabajo se describen diversas posiciones sobre el currículo de ciencias naturales haciendo particular énfasis en la manera como se ha venido construyendo el saber científico y su apropiación escolar a través de la llamada alfabetización científica.

Palabras clave: análisis curricular, enseñanza de las ciencias naturales, alfabetización científica, naturaleza de las ciencias, paradigma.

Abstract

In this paper various positions on the natural sciences curriculum with particular emphasis on the way it has been building scientific knowledge and school ownership through so-called scientific literacy are described.

Keywords: curriculum analysis, teaching of natural sciences, scientific literacy, nature of sciences, paradigm.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación educativa de los últimos años ha mostrado un gran interés en encontrar los mecanismos que permitan modificar la educación en ciencias partiendo del consenso de que la enseñanza debería estar enfocada a la alfabetización y al desarrollo de competencias, más que a la memorización de datos, fechas o fórmulas (Delors, 1996; Pozo, 1997; Millar and Osborne, 1998; Furió *et al*, 2001; Chamizo, 2013). Desde el ámbito académico, los esfuerzos se han enfocado a diversos aspectos como el estudio de las ideas previas de los estudiantes, la manera de lograr el cambio conceptual, el diseño de unidades didácticas, la incorporación de las TIC y fundamentalmente, al cambio curricular. Este cambio curricular, implica la modificación del modelo tradicional de “ciencias a través de la educación” por uno más adecuado basado en las necesidades sociales de la educación que es el de “educación a través de las ciencias” (Holbrook and Rannikmae, 2007). Bajo este modelo, la educación del individuo es el objetivo y las ciencias no son más que

¹ El presente texto forma parte del informe “Estudio comparativo de la propuesta curricular de México y algunos países en el área de Ciencias Naturales”, que se realizó en la Facultad de Química-UNAM para el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE).

un vehículo, es decir, las ciencias son parte de la oferta educativa de la escuela y sus contenidos sirven para mejorar la educación del sujeto en los ámbitos social y personal. Es decir, no son los principios y conceptos científicos los que determinan la enseñanza, sino las necesidades, la motivación y los intereses de los estudiantes como miembros de una sociedad² (Roth and Lee, 2004). Como lo indicaron hace ya varios años Arcà, Guidoni y Mazzoli (1990, p.24):

Desde el punto de vista de la educación para la ciencia, esto no significa aprender esquemas para irlos a contar a la escuela, o a quien nos deba proporcionar trabajo (porque sería un engaño). Es preciso, en cambio, darse cuenta de que "educación científica" significa desarrollo de modos de observar la realidad, y de modos de relacionarse con la realidad; que esto implica y supone los modos de pensar, los modos de hablar, los modos de hacer, pero sobre todo la capacidad de juntar todos estos aspectos. Es preciso, pues, estar dispuestos a cuestionar continuamente – a fondo y a cualquier edad- nuestra relación (de interpretación, discurso e intervención) con las personas y "los hechos de la vida".

Una modificación del currículo escolar bajo tales ideas implica la inclusión, además de los temas disciplinares, de aspectos relacionados con la historia, naturaleza de las ciencias y el quehacer científico que contribuyan a la reflexión de los estudiantes sobre qué son, cómo se hacen y quiénes hacen las ciencias, así como la vinculación de todo ello con las problemáticas e intereses de su propio contexto de vida (Monke and Osborne, 1997; Clough, 2007; Gilbert 2006; Hodson, 2008).

24

Este nuevo enfoque implica una reconstrucción del currículo escolar que sea incluyente de los aspectos antes señalados y para ello, el primer paso consiste en reconocer una de las principales particularidades de las ciencias naturales, lo que se conoce como "ciencia normal" y posteriormente hacer una revisión de la discusión actual sobre lo que en muchos países se identifica como la aspiración de la enseñanza de las ciencias, es decir la "alfabetización científica" .

2. SOBRE LAS CIENCIAS NATURALES

Hay una característica específica de las ciencias naturales y que las distingue de las demás disciplinas que integran los currículos escolares derivada de su propio desarrollo histórico y esta es su estructura curricular paradigmática.

² El equilibrio es complicado ya que de alguna manera en nuestras sociedades occidentales, dominadas por una visión simplista de la actividad científico-tecnológica, ambos factores son los que "determinan la enseñanza".

Thomas Kuhn es con Stephen Toulmin (Chamizo, 2007) uno de los iniciadores del giro historicista en la filosofía de la ciencia ocurrido durante la segunda mitad del siglo pasado. De acuerdo con Kuhn, el desarrollo de la ciencia no es un proceso acumulativo sino más bien uno de ruptura y reconstrucción. A los periodos de ruptura los llamo ‘revoluciones científicas’ y a los de reconstrucción ‘ciencia normal’. Los de reconstrucción se organizan alrededor de lo que originalmente Toulmin y luego él mismo llamó paradigma. El paradigma como un todo determina qué problemas se investigan, qué datos se consideran pertinentes, qué técnicas de investigación se utilizan. Sobre esto el sociólogo Pierre Bordieu (2003) agrega que el paradigma es el equivalente de un lenguaje o de una cultura y que determina las cuestiones que pueden ser planteadas y las que pueden ser excluidas, lo que se puede pensar y lo que es impensable.

Kuhn, más que ningún otro filósofo de las ciencias, ha insistido en la importancia de la educación en la conformación de la ‘ciencia normal’ (Kuhn, 1971, p. 214):

Sin embargo, puesto que los libros de texto son vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal, siempre que cambien el lenguaje, la estructura de los problemas, o las normas de la ciencia normal, tienen íntegramente, o en parte, que volver a escribirse.

25

Avalando su importancia, el mismo Kuhn reconoce que los libros de texto no indican cómo se construyó, ni cómo se construye el conocimiento científico (Kuhn, 1982, p. 210):

Después de todo, los libros de texto se escriben tiempo después de los descubrimientos y los procedimientos de confirmación cuyos resultados registran. Además se escriben con propósitos pedagógicos. El objetivo de un libro de texto es el de darle al lector, de la manera más económica y fácil de asimilar, un enunciado de los que la comunidad científica contemporánea cree que sabe, así como de los usos principales que puede dársele a ese conocimiento. La información relativa a la forma en que se adquirió ese conocimiento –el descubrimiento– y a la razón de que haya sido aceptado por la profesión –confirmación– es, en el mejor de los casos, un exceso de equipaje. No obstante que incluir esa información podría aumentar los valores “humanistas” del texto y fomentar la educación de científicos más flexibles y creativos, haría también que el texto se alejara de la facilidad de aprender el lenguaje científico contemporáneo.

Resultado de lo anterior y aceptando la descripción de Kuhn de ‘ciencia normal’, se puede identificar, respecto al currículo de las ciencias (particularmente a nivel preuniversitario o en las asignaturas llamadas Biología General, Física General o Química General en los primeros cursos de las universidades) una *posición do-*

minante (van Berkel 2000), que como su nombre lo indica es la que prevalece prácticamente en todo el mundo. Reconocer esta estrecha posición dominante coincide con lo dicho por el mismo Kuhn (1963, pp. 350-351):

La característica más distintiva de la educación científica es que, en una extensión no compartida con ningún otro campo creativo o del saber se transmite a través de los libros de texto escritos especialmente para los estudiantes. Cada libro que busca ser utilizado en un determinado curso compite, ya sea en profundidad o en detalles pedagógicos, pero prácticamente nunca en estructura conceptual... los libros de texto no abordan los problemas que los científicos profesionales enfrentan o la variedad de técnicas que la experiencia les ha mostrado son capaces de utilizar para resolverlos. En su lugar, los libros de texto, exhiben una colección de problemas-solución que los científicos profesionales han aceptado como paradigmáticos, pidiéndosele a los alumnos que, ya sea con lápiz y papel o en el laboratorio, los resuelvan utilizando los métodos y/o sustancias que han mostrado con anterioridad en sus páginas.

La 'ciencia normal' privilegia el trabajo técnicamente preciso y lógicamente riguroso y es alrededor de la cual se forman los docentes y los alumnos en prácticamente todo el mundo. Así se puede interpretar el currículo de las diversas ciencias como educación científica normal con las siguientes características:

26

1. La educación científica normal prepara a los estudiantes para hacer 'ciencia normal'.
2. La educación científica normal es la forma dominante y habitual en la que se enseñan las ciencias en prácticamente todos los niveles, lo cual la hace paradigmática.
3. La educación científica normal contiene, de manera implícita, normas respecto a la ciencia, la filosofía y la pedagogía.

En pocas palabras la Estructura Curricular Paradigmática es lo que la mayoría de las personas en diversos lugares del mundo³, con la educación adecuada, entienden por Biología, Física y Química.

3. SOBRE EL CURRÍCULO ESCOLAR DE CIENCIAS NATURALES

Durante la carrera armamentista posterior a la Segunda Guerra Mundial, después del lanzamiento de las bombas atómicas y de fusión, los Estados Unidos parecían ir adelante, pero todo cambió cuando en 1957 los soviéticos lanzaron el Sputnik,

³ Aquí hay que distinguir las investigaciones realizadas por diversos autores para incorporar visiones no occidentales en la enseñanza de las ciencias como lo hacen Cobern y Loving (2000) o más recientemente Schmelkes (2006).

la primera nave espacial. La conmoción en el interior del gobierno norteamericano fue terrible y afectó de una manera u otra todos los ámbitos sociales, entre ellos los currículos, que se redefinieron en los años sesenta del siglo pasado. Éstos buscaron capturar a los mejores alumnos de estas disciplinas científicas para involucrarlos posteriormente en proyectos militares (Barnet, 1976). Así el PSSC (Physical Science Study Committee), el BSCS (Biological Science Curriculum Study) y el Chem Study (Chemical Education Material Study) en los Estados Unidos y el Proyecto Nuffield en el Reino Unido constituyeron la respuesta educativa, a nivel preuniversitario, para generar mejores científicos en el interior de estos países, una vez que la migración intelectual centroeuropea, debida al nazismo, difícilmente se repetiría (Chamizo, 2013).

En los laboratorios, espacio fundamental de aprendizaje de las ciencias se entronizó el llamado “método científico” siguiendo la postura filosófica hegemónica aceptada por el macartismo norteamericano prevaleciente durante la Guerra Fría (Reish, 2009)⁴. Allí se les pedía a los estudiantes que realizaran diferentes actividades, y que de allí establecieran conclusiones. Los estudiantes lo hacían al mismo tiempo con la expectativa de que las conclusiones fueran evidentes y uniformes. Lo anterior sólo sucede si todos los estudiantes comparten las mismas ideas previas (Giordan y de Vecchi 1995; Driver *et al*, 2000) y evalúan sus observaciones de acuerdo con los mismos esquemas conceptuales. En otras palabras, los profesores anticipan que datos semejantes (cuando así se presentan) llevarán a alumnos diferentes a las mismas conclusiones. Como esto no sucede ni en los laboratorios escolares ni en los que se desarrolla investigación profesional, las ciencias se presentan como conocimientos infalibles que deben memorizarse. Lo anterior ha sido caracterizado por Schwab (1962) como una enseñanza dogmática en lo que denomina es una “retórica de conclusiones”.

Todo ello tiene que ver técnicamente con el currículo, definido en el diccionario de la RAE como el conjunto de estudios y prácticas destinadas a que el alumno desarrolle plenamente sus posibilidades. Esto no elimina la ambigüedad del término sobre el que, desde 1980, Tanner indicó 20 definiciones diferentes (Tanner y Tanner, 1980) a lo que Díaz Barriga (2005) agregó, en su estudio alrededor de los años 90, sobre la polisemia del término y la diversidad de concepciones coexistentes y del que Coll más recientemente reconoció que *la variedad de realidades educativas sometidas a análisis y el acelerado proceso de cambio que tiene lugar en esas realidades hace muy difícil asentar los enfoques curriculares* (Coll y Martin, 2006,

⁴ La que se identifica con el positivismo lógico y su versión heredada (Echeverría, 2003).

p. 9). Pérez lo decía hace 25 años (1988) y Young lo indicó recientemente (Young, 2014): no hay consenso entre los especialistas. En general, el currículo de cualquier disciplina puede identificarse alrededor de tres grandes enfoques que reflejan otras tantas posturas epistémicas (Scott, 2014):

- El currículo como estructura organizada de conocimientos objetivos, con sus posibilidades y limitaciones, donde se hace énfasis en la función transmisora de la educación, particularmente de una generación a la siguiente. Se articula generalmente como un plan de instrucción⁵ que es un documento que planifica el aprendizaje y que contiene objetivos, contenidos, actividades y estrategias de evaluación. Aquí se apela a programas disciplinarios estables con contenidos específicos que son lo que los alumnos deben aprender. Hablamos de fundacionalismo y su aceptación de verdades “absolutas”.
- El currículo como sistema tecnológico de producción, es decir donde se especifican los resultados pretendidos en dicho sistema de producción, caracterizado por las competencias⁶. De las muchas y diversas caracterizaciones de las competencias aquí se recupera la que inicialmente estableció la OCDE a través de su proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Competences,

⁵ Según Lewis y Miel (1978, p. 21) la instrucción es el flujo real de los intercambios entre personas en proceso de formación y otras personas y cosas (informaciones, procesos, técnicas, aparatos, valores) dentro de particulares organizaciones de espacio y tiempo.

⁶ Hay una intensa y amplia discusión sobre las competencias (Delors, 1997; Coll y Martin, 2006; García, 2006) que sin embargo están originalmente muy relacionadas con la formación para el trabajo. Como lo indica Gallart (2001): Cuando se enfocan las competencias (entendidas éstas como la aplicación de conocimientos en circunstancias críticas) desde el mundo del trabajo, y particularmente desde el empleo, se pueden distinguir dos niveles. A) las competencias de empleabilidad son aquéllas inicialmente necesarias para obtener un trabajo de calidad y para poder reciclarse siguiendo los cambios. Se resumen en habilidades básicas tales como la capacidad de expresión oral y escrita, matemáticas aplicadas, capacidad de pensar. Estas competencias requieren una enseñanza sistemática y gradual. B) Se agregan a las anteriores otras relacionadas al uso de recursos para lograr objetivos (dinero, tiempo, materiales, equipos); las competencias interpersonales (trabajo en grupo, enseñar y aprender, liderar, negociar, atender clientes, manejar la diversidad cultural); competencias de comunicación (identificar, adquirir y evaluar información, comunicarla a otros) ...lo que si se puede decir es que los jóvenes cambiarán varias veces de ocupación y que sin estas competencias más amplias y su actualización constante en la experiencia laboral y el reaprendizaje, será muy difícil trabajar en el futuro.

Por su parte Coll señala (Coll y Martin, 2006: 30): *Además, hecho alusión al riesgo de homogeneización cultural que conlleva la definición de los aprendizajes básicos en términos de competencias cuando éstas se desgajan de las prácticas socioculturales en las que inevitablemente se enmarcan...las competencias son un referente para la acción educativa; debemos ayudar al alumnado a construir, adquirir y desarrollar; y también, en consecuencia, un referente para la evaluación, lo que hay que comprobar es que todos los alumnos y alumnas hayan adquirido al término de la educación básica el nivel de logro establecido. Sin embargo, las competencias, como las capacidades, no son directamente evaluables.*

y que dice (Coll y Martin, 2006: 28): *Una competencia es la capacidad para responder a las exigencias individuales o sociales para realizar una actividad o una tarea. Este enfoque externo, orientado por la demanda, tiene la ventaja de llamar la atención sobre las exigencias personales y sociales a las que se ven confrontados los individuos.* Esta caracterización ha sido afinada reconociendo tres grandes categorías específicas, el uso interactivo de herramientas (lenguajes), la interacción en grupos heterogéneos y la actuación de forma autónoma (OCDE, 2005), que son evaluadas a través de la prueba PISA. Se trata del instrumentalismo en el que los conocimientos son menos importantes que las habilidades y se refiere a aquello en lo que deben convertirse los alumnos.

- Entre estos dos enfoques extremos se puede ubicar uno intermedio, identificado con el pragmatismo (Biesta, 2014) que, ya desde la irrupción del constructivismo en la educación a mediados del siglo pasado, apela a la movilización del saber y en el que el currículo aparece como reconstrucción de conocimiento y propuesta de acción. Generalmente se encuentra centrado en el análisis de la práctica y con una orientación hacia los modos de pensamiento⁷ y la resolución de problemas⁸. Para conocer hay que pensar y actuar. Aquí el conocimiento se refiere a la relación entre las acciones y sus consecuencias.

Cada uno de estos enfoques ha sido objeto a su vez de una gran cantidad de estudios y precisiones técnicas y más recientemente de evaluaciones de rendimiento⁹, sin olvidar que en todo currículo se llevan a cabo un conjunto de experiencias de aprendizaje bajo la orientación de la escuela, en un lugar y tiempo específicos. Pero como indica Eisner (1979), los profesores enseñan más y menos de lo que se proponen y los alumnos aprenden más y menos de lo que se les enseña, lo que de alguna manera se reconoce en el denominado currículo oculto¹⁰.

Debido a la dificultad del término “currículo” Posner (2005) ha reconocido que hay que diferenciarlo en cinco currículos concurrentes:

- El currículo oficial. Aquel que es descrito en los documentos oficiales.

⁷ Por ejemplo para Dewey (1963) aprender es aprender a pensar.

⁸ A partir de los artículos de Schawb en los años 70 uno de sus más influyentes exponentes es Hodson (1999, 2003).

⁹ Como lo indica Coll (2006, p. 40): Las evaluaciones de rendimiento proporcionan informaciones sumamente útiles sobre el grado de consecución de las intenciones educativas, pero no son la fuente de la que surgen estas intenciones ni tampoco el instrumento adecuado para su legitimación.

¹⁰ Término que identifica todos aquellos aspectos que no son revelados y que, sin embargo, subyacen en toda estructura curricular. Retomando a Bohoslavsky (1975, p. 5): Insisto en que se enseña tanto con lo que se enseña como con aquello que no se enseña; muchas veces lo que no se enseña es lo vital... el especialista no es más que un ilustre enajenado.

- El currículo operativo. El que materializa las prácticas y las evaluaciones de la enseñanza que en realidad se llevan a cabo en la escuela.
- El currículo oculto. El que se refiere a las normas y valores institucionales que no son reconocidas públicamente por los docentes y/o las autoridades educativas.
- El currículo nulo. Aquel que explícitamente no se enseña.
- El currículo adicional. El que se refiere a las actividades externas al currículo oficial.

La coexistencia de estos “currículos” u otros semejantes ha sido identificada también por otros autores (Gilbert, 2006) coincidiendo con la importante distancia que hay, por un lado, entre los documentos formales publicados por las autoridades educativas y por el otro, con lo que sucede día a día en la escuela.

Se puede resumir indicando que el currículo en su totalidad es una concreción de un proyecto cultural que se desarrolla en un contexto institucional específico y que se modifica individual y colectivamente como consecuencia del trabajo cotidiano en las aulas y los laboratorios. Queda claro que para esperar tener éxito con una propuesta curricular deben atenderse diversos niveles y/o actores: objetivos claros, instalaciones y materiales educativos apropiados, profesores bien capacitados y alumnos dedicados.

El currículo de ciencias fue ampliamente estudiado y discutido, como ya se indicó, a lo largo de la Guerra Fría. Así, con el reconocimiento de la importancia de las ideas previas de niños y jóvenes sobre los conceptos de las ciencias, dio un giro que podría denominarse psicologista (Piaget e Inhelder, 1969; Vygotsky, 1962; Ausubel et al, 1993), pasando poco a poco del enfoque de conocimientos al de competencias (Arcà *et al*, 1990; Bybee y DeBoer, 1994; Claxton 1994; Fensham, 1988; Levinson, 1994; Matthews, 2014; Osborne y Freyberg, 1998; Pearsall, 1993; Pfund y Duit, 1987; Pimentel y Ridgway, 1988; Shymansky *et al*, 1983). De esta manera el énfasis fue cambiando paulatinamente del conocimiento disciplinario creciente e inabordable, manifestado explícitamente en un único método científico, al de los principios de las ciencias, en los que se intentaban desarrollar habilidades. De este modo, se empezó a considerar a las ciencias como algo más que la actividad futura de los científicos. En otras palabras, la ‘educación científica’ debe significar, no sólo la adquisición de conocimiento científico sino también, el desarrollo de modos de observar la realidad, y de modos de relacionarse con la realidad; lo que implica los modos de pensar, de hablar, de hacer, pero sobre todo la capacidad de conjuntar

todos estos aspectos. Con ello, se hace necesario estar dispuestos a cuestionar continuamente – a fondo y a cualquier edad- nuestra relación (de interpretación, discurso e intervención) con las personas y ‘los hechos de la vida’ (Arcà *et al*, 1990).

En ambos casos no había ninguna duda de que el laboratorio ocupaba un lugar central, como lo destacó claramente Solomon (1994): la enseñanza de las ciencias debe realizarse en el laboratorio y sobre esto no hay controversia¹¹. Sin embargo sobre este tema hay posiciones también encontradas (Abrahams and Millar, 2008; Barberá y Valdés, 1996; Cooper and Kerns, 2006; Izquierdo *et al*, 1999; Psillos and Niedderer, 2002). Como indica Hodson (1994, p. 304), las actividades experimentales son sobreutilizadas e infrautilizadas:

Son usadas en demasía en el sentido de que los profesores emplean las prácticas como algo normal y no como algo extraordinario, con la idea de que serviría de ayuda para alcanzar todos los objetivos del aprendizaje. Son infrautilizadas en el sentido de que sólo en contadas ocasiones explotan completamente su auténtico potencial.

Además se acumulan numerosos indicios de que las actividades experimentales han tenido poco efecto sobre los logros, actitudes, razonamiento, pensamiento crítico, comprensión de la ciencia, habilidades de manipulación, interés o retención en los cursos de ciencias (Nakaleh, 2002). Más aún muchos alumnos no entienden cuál es la razón de ser de esta actividad y muchos asumen que la hacen bien cuando siguen de manera correcta las instrucciones recibidas y terminan en el tiempo establecido. A pesar de lo anterior queda claro que la enseñanza de las ciencias requiere de la realización de actividades prácticas. Ya en una monografía para la Organización de Estados Americanos en el lejano 1969 Francisco Giral (p. 53) indicaba particularmente para la química pero válido para todas las ciencias:

Si los profesores engañan a los alumnos enseñándoles en teoría lo que no se puede hacer en la práctica, si los alumnos engañan a los profesores demostrando perfectamente cálculos teóricos sin poder llevar a la práctica las reacciones, si las autoridades docentes engañan a los dirigentes de la sociedad cumpliendo con una enseñanza teórica barata sin poder gastar lo que hace falta para una enseñanza práctica, si los administradores públicos engañan a los encargados de dar enseñanza exigiendo que sea barata sin aportar los recursos adecuados, entonces, todo lo anterior y todo lo demás sobra.

¹¹ Aquí hay que reconocer que las diferentes ciencias tienen aproximaciones diferentes al saber. Mientras que la física se apoya de manera importante en las matemáticas, la astronomía no realiza experimentos, una parte de la biología prioriza la observación del mundo “natural”, la química, pragmática como es, apela de manera prioritaria al hecho experimental.

En cuanto a la enseñanza de la química, el engaño mayor es que se puede incurrir en el de creer que se puede aprender química en el pizarrón o en el papel sin la experimentación correspondiente. Mientras no se tenga una conciencia clara, por parte de todos, de que la química se aprende manejando experimentalmente las sustancias químicas será muy difícil progresar en serio. Esa manipulación experimental debe ir combinada con el estudio teórico en la mayor armonía posible, y debe quedar perfectamente claro, sin que ninguno nos llamemos a engaño, que sólo con lecciones teóricas no se puede enseñar química.

A pesar de la gran cantidad y diversidad de diversos estudios, resultado principalmente de tres iniciativas multinacionales (Jenkins, 1997; Penick, 1993; Black y Atkin, 1996), poco a poco se fue aceptando y consensando que las ciencias se deben estudiar en la educación básica para alcanzar lo que se ha denominado “alfabetización científica” en la que además de la habitual transmisión de conocimientos propiamente científicos se reconocen diversos actores: ambos géneros, diferentes culturas, la naturaleza de las ciencias, así como la historia y la filosofía de las ciencias y de las tecnologías (Bauer 1994; Black and Atkin, 1996; Cobern and Loving 2000; Duschl and Grandy, 2008; Flick and Lederman, 2006; Hodson, 2008, 2014; Khine 2012; Lederman 2007; Millar and Osborne, 1998; Rutherford 1989; Schultz 2014, Tala Veli-Matti, 2015).

4. SOBRE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Como sucede con el término “currículo” el de “alfabetización científica” está sujeto a diversas interpretaciones (Fourez 1994; Chassot 2003, Gil y Vilches, 2006). Ya desde hace muchos años Shen (1975) identificó al menos tres categorías del mismo, no necesariamente excluyentes:

- Alfabetización científica práctica. Se refiere al conocimiento científico que ayuda a mejorar las condiciones de la vida cotidiana.
- Alfabetización científica cívica. Aquella que permite entender e intervenir en el debate político con criterios científicos.
- Alfabetización científica cultural. La que está motivada por el deseo de conocer las actividades científicas como logros humanos.

Esta división no debilitó el ambiguo concepto de alfabetización científica sino que permitió que surgiera la necesidad de incluir en los currículos de ciencias, además de los conocimientos científicos, aspectos relacionados con la tecnología, la sociología, la filosofía o la historia, a fin de lograr una mayor participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985).

Con el paso de los años el término “alfabetización científica” se volvió hegemónico entre la comunidad de investigadores educativos, pero no claro, inclusive se propuso que debía abandonarse (Shamos, 1995).

Así, en la revisión sobre el tema, Roberts (2007) estableció una elegante diferencia entre las que denominó dos visiones sobre los propósitos de la enseñanza de las ciencias en permanente tensión:

- **Visión I. *Internalista***, es decir aquella que mira al interior de la ciencia misma, sus productos como las leyes y teorías y sus procesos como la experimentación. Apela al funcionamiento disciplinar de la ciencia, donde se indica la relación entre la evidencia y la teoría, caracterizándola como un proceso encadenado de habilidades como son: observar, medir, experimentar, es decir alrededor del denominado “método científico”.
- **Visión II. *Externalista***, aquella que mira a las situaciones en las que la ciencia tiene un papel importante que jugar, como es el caso de las decisiones sobre asuntos socio-científicos. Apela al entendimiento personal de la explicación de eventos en términos de influencias propias y culturales (incluyendo las científicas).

El mismo Roberts indicó la tendencia de los defensores de la visión II de pasar a la visión I como resultado de la creciente influencia política ejercida por la comunidad científica en los comités que definen los currículos de diversos lugares del mundo y que se concretan en la tradición de la enseñanza de las ciencias (Roberts, 2007; Dillon, 2009). Así, al asumir la Visión I la mayor dificultad consiste en reducir la experiencia de los estudiantes sobre la amplitud del saber científico como una empresa humana. Entre la Visión I y la II la distinción más evidente tiene que ver con la manera en la que los estudiantes conceptualizan y experimentan el carácter controversial de temas socio-científicos, asunto que a muchos parece superfluo.

Recientemente, Norris *et al* (2014) informó sobre las concepciones publicadas en el siglo XXI sobre el tema de alfabetización científica. Categorizó los logros de la misma en tres grupos de valores que son identificados como fines de la enseñanza de las ciencias: los relativos al conocimiento, los relativos a las capacidades y los

relativos a los rasgos personales (intelectuales y morales)¹². Sus resultados indican un equilibrio entre los dos primeros grupos, duplicando cada uno de ellos al tercero. Así parece ser que poco a poco se va generando un consenso en la postura de “educación a través de las ciencias”.

5. CONCLUSIONES

Al final es pertinente recordar la razón de enseñar ciencias naturales en la escuela, dónde el currículo y la alfabetización científica se reúnen. Tal vez uno de los investigadores que mejor lo ha dicho, hace ya varias décadas, es Claxton (1994, p. 159):

el principal propósito de la educación debe ser desarrollar las capacidades de los jóvenes para vivir vidas interesantes, satisfactorias, dignas y agradables. En una cultura establecida y estructurada, basada en valores y creencias indiscutidos, la forma adecuada de esta educación podría posiblemente implicar el aprendizaje de conocimientos y usos de la cultura, además de nuestro lugar en ella. Pero nosotros no vivimos en un contexto como este. Nuestra cultura está tipificada por la incertidumbre: personal, social, política y global. Los valores son en muchas de nuestras subculturas, débiles y conflictivos. La tecnología de la información está cambiando rápidamente los perfiles laborales. Los estilos de vida y de relación son mucho más variados ahora que antes, a medida que costumbres extrañas se disuelven en nuestro mundo pluriétnico y las bases culturales tradicionales, especialmente entre la llamada clase obrera se erosionan y colapsan. Las antiguas iglesias han perdido gran parte de su autoridad tradicional y en su lugar tenemos psicoterapias, cultos, evangelismo y un influjo de religiones procedentes de otras tierras. En el mundo en el que van a vivir los jóvenes, nada podría tener más valor que la capacidad de construir nuestra propia vida a medida que la vivimos: encontrar nosotros mismos qué es lo que nos satisface, conocer nuestros propios valores y nuestra propia mente, enfrentarnos a la incertidumbre con coraje e ingenio, y valorar lo que nos dicen los demás con un escepticismo inteligente y sano....La preocupación fundamental de una educación contemporánea útil debe centrarse en la capacidad de las personas de aprender bien. Cualquier otra prioridad, por muy apreciada que sea, que socave el compromiso de fomentar la habilidad para el manejo del cambio o nuestro éxito en hacerlo, deberá ser relegada o suspendida.

Con el rápido avance científico y tecnológico que tenemos en el mundo actual, la enseñanza de las ciencias requiere que los estudiantes no sólo adquieran conocimientos disciplinares, sino que también sean capaces de comprender cómo se han obtenido, experimentarlos y aplicarlos de acuerdo con su contexto de vida. Para ello, se requiere, entre otras cosas, de un diseño curricular que permita introducir

¹² Los rasgos intelectuales incluyen mentalidad abierta, cuidado y carácter inquisitivo. Por su lado los morales consideran la honestidad, la generosidad y el atrevimiento.

los elementos necesarios para lograr estos propósitos, es decir avanzar en el camino de educar a través de las ciencias, uno de los posible caminos es resolver problemas para aprender (Izquierdo 2005, Chamizo y Robles 2010).

REFERENCIAS

- Abrahams, I. y Millar R. (2008). "Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science", *International Journal of Science Education*, vol.30, núm.14, pp. 1945-1969.
- Aikenhead, G. S. (1985). "Collective decision making in the social context of science", *Science Education*, vol. 69, núm. 4, pp. 453-475.
- Arcà, M., Guidoni P. y Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Como empezar: reflexiones para una educación científica de base*, Barcelona: Paidós.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1993). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, México: Trillas.
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión", *Enseñanza de las ciencias*, vol.14, núm 3, pp. 365-379.
- Barnet, R. J. (1976). *La economía de la muerte*, México: Siglo XXI.
- Bauer, H. H. (1994). *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method*, Urbana: University of Illinois.
- Biesta, G. (2014). "Pragmatising the curriculum: bringing knowledge back into the curriculum conversation, but via pragmatism", *The Curriculum Journal*, vol. 25, núm 1. pp. 29-49.
- Black, P. y Atkin, J.M. (1996). *Changing the Subject. Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*, London: OCDE-Rutledge.
- Bohoslavsky, R. (1975). "Psicopatología del vínculo profesor-alumno: el profesor como agente socializante", *Revista de Ciencias de la Educación*, Rosario.
- Bordieu, P. (2003). *El oficio de científico*, Barcelona: Anagrama.
- Bybee, R. W. y Deboer, G. (1994). "Research on Goals for the Science Curriculum" en D. L. Gabel (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: NSTA-Mcmillan, pp. 357-387.
- Chamizo, J. A. (2007). "Las aportaciones de S. Toulmin a la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 25, núm 1, pp.133-146.
- Chamizo J.A. y Robles C. (2010) "La enseñanza de las ciencias a partir de la resolución de problemas", *Cuadernos México. Ciencias para el Mundo Contemporáneo*, 2, 69-82.

- Chamizo, J. A. (2013). *De la paradoja a la metáfora. La enseñanza de la química a través de sus modelos*, México: UNAM-Siglo XXI.
- Chassot, A. (2003). *Alfabetização científica. Questões e desafios para a educação*, Rio Grande do Sul: Editorial Unijui.
- Claxton, G. (1994). *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*, Madrid: Visor.
- Clough, M. P. (2007). "Teaching the Nature of Science to Secondary and Post- Secondary Students: Questions rather than tenets", *The Pantaneto Forum*. 25, en <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm> (consultada: 25 de abril de 2014)
- Cobern, W. W. y Loving, C. C. (2000). "Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education", *Science Education*, 85, pp. 50–67.
- Coll, C. y Martin, E. (2006). "Vigencia del debate curricular. Aprendizajes básicos, competencias y estándares", *El currículo a debate. Revista PRELAC*, Santiago: UNESCO.
- Cooper, M. M. y Kerns, T.S. (2006). "The effect of the laboratory course on student's achievements and perceptions: qualitative and quantitative aspects", *Journal of Chemical Education*, vol. 83, núm. 9, p. 1356.
- Delors, J. (1997). *La educación encierra un tesoro*, París: UNESCO.
- Dewey, J. (1963), *Mi credo pedagógico*, Buenos Aires: Losada, 54, pp. 55
- Díaz Barriga, F. (2005). "Desarrollo del currículo e innovación. Modelos e investigación en los noventa", *Perfiles Educativos*, vol. XXVII, núm. 107, pp. 57- 84.
- Dillon, J. (2009). "On Scientific Literacy and Curriculum Reform", *International Journal of Environmental & Science Education*, vol. 4, núm 3, pp. 201-213.
- Driver, R., Squires, A., Rutshworth, P. y Wood-Robinson, V. (2000). *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*, Biblioteca para la actualización del maestro, México: SEP.
- Duschl, R. y Grandy, R. (2008). *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation*, Rotterdam: Sense Publishers.
- Echeverría, J. (2003). *Introducción a la Metodología de la Ciencia*, Madrid: Cátedra.
- Eisner, E. (1979). *Educational Imagination*, New York: Mcmillan.
- Fensham, P. J. (ed) (1988). *Development and Dilemmas in Science Education*, London: The Falmer Press.
- Flick, L. y Lederman, N.G. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Dordrecht: Springer.
- Fourez G. (1994). *Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*, Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Furió, C., Vilches A., Guisasaola, J. Y Romo V. (2001). "Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?", *Enseñanza de las ciencias*, vol. 19, núm 3, pp. 365-376.

- Gallart, M. A. (2001). "La formación para el trabajo en América Latina: pasado presente y futuro". *Documento de apoyo, Séptima reunión del Comité regional Intergubernamental del Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe*, Montevideo: UNESCO.
- García, F. (2006). *Las competencias en la educación básica*, Memoria del Quinto Encuentro Internacional de Educación, México: Aula XXI-Santillana.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). "Educación ciudadana y alfabetización científica. Mitos y realidades", *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 pp. 31-53. <http://rieoei.org/rie42a02.pdf>
- Gilbert, J. K. (2006). "On the Nature of 'Context' in Chemical Education", *International Journal of Science Education*, vol. 28, núm. 9, pp. 957-976.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*, Sevilla: Díada Editorial.
- Giral, F. (1969). *Enseñanza de la Química Experimental*, Monografías 6. Washington: Organización de Estados Americanos.
- Hodson, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio", *Enseñanza de las Ciencias*, vol.12, núm. 3, pp. 299-313.
- Hodson, D. (1999). "Going beyond cultural pluralism. Science education for sociopolitical action", *Science Education*, vol. 83, núm. 3, pp. 775-796.
- Hodson, D. (2003). "Time for action: Science education for an alternative future", *International Journal of Science Education*, vol. 25, núm 6. pp. 645-670.
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy: A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*, Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2014). "Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases", en M. Matthews (ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer, pp. 911-970.
- Holbrook, J. y Rannikmae, R. (2007). "The nature of science education for enhancing scientific literacy", *International Journal of Science Education*, vol. 29, núm 11, pp. 1347-1362.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, núm 1., pp. 45-59.
- Izquierdo, M. (2005). *Resoldre problemes per aprendre, EINES d' Innovació Docent en Educació Superior*, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Jenkins, E. W. (1997). "Scientific and technological literacy: Meanings and rationales", in E.W. Jenkins (ed) *Innovations in science and technology education* (Vol II), París: Unesco.

- Khine, M. S. (ed.) (2012). *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, Dordrecht: Springer.
- Kuhn, T. (1963). "The function of dogma in scientific research" en A.C. CROMBIE (ed) *Scientific Change*, Londres: Heineman.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1982). *La tensión esencial. Estudios sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Lederman, N. G. (2007). "Nature of science: Past, present, and future", en S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Levinson, R. (ed) (1994). *Teaching Science*, London: The Open University Press-Routledge.
- Lewis, A. y Miel, A. (1978). "Key Words relative to Curriculum and Instruction", en J. Gress y D. Purpel, *Curriculum. An Introduction to the Field*, Berkeley: Mc.Catcham PC.
- Matthews, M. (ed) (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer.
- Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*, London: Kings's College.
- Monke, M. y Osborne, J. (2013). "Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: a Model for the Development of Pedagogy", *History and Philosophy of Science*, John Wiley & Sons, Inc, 405-424, 1997, en: <http://www.csun.edu/~kdm78513/coursework/625/assignments/documents/philoscience.pdf> (consulta: 13 diciembre de 2014)
- Nakhleh, M. B., Polles, J. y Malina, E. (2002). "Learning chemistry in a laboratory environment", en J. Gilbert (ed.) *Chemical education: Towards Research-based Practice*, Dordrecht: Kluwer, pp. 69-94.
- Norris, S. P., Philips, L.M. y Burns, D. (2014). "Conceptions of Scientific Literacy: Identifying and Evaluating Their programmatic Elements", en M. Matthews (ed.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer, pp. 1317-1344.
- OCDE (2005). *La definición y selección de competencias clave*, en: www.deseco.admin.ch/bfs/.../en/.../2005.dscexecutivesummary.sp.pdf (consulta: 6 de octubre de 2014).
- Osborne, R. y Freyberg, P. (1998). *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las "ideas previas" de los alumnos*, Madrid: Narcea.
- Pearsall, M. K. (1993). *The Content Core. A Guide for Curriculum Designers*, Washington: NSTA.
- Penick, J. E. (1993). *Scientific literacy: An annotated bibliography*, París: UNESCO.

- Pérez, Á. (1988). *Curriculum y enseñanza: Análisis de componentes*, Málaga: Universidad de Málaga.
- Pfund, H. y Duit, R. (1987). *Bibliography: Students alternative conceptions and Science Education*, Kiel: IPN.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1969). *Psychology of the child*, New York: Basic Books.
- Pimentel, G. y Ridgway, D. (1988). "Chem Study: Past-Present-Future", *Chem13 News*, 178, pp. 4-5.
- Posner, G. (2005). *Análisis del currículo*, México: MacGraw Hill.
- Pozo, J. I. (1997). "La crisis de la educación científica ¿volver a lo básico o volver al constructivismo?", *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, pp. 91-104.
- Psillos, D. y Niedderer H. (eds.) (2002). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Reisch, G. (2009). *Cómo la Guerra Fría transformo la filosofía de la ciencia. Hacia las heladas laderas de la lógica*, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Roberts, D. A. (2007). "Scientific Literacy/Science Literacy", en S.K. Abell y N. G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*, London: Lawrence Erlbaum, pp. 729-780.
- Roth, W-M. y Lee, S. (2004). "Science Education as/for participation in the community", *Science Education*, vol. 88, núm.2, pp. 263-291.
- Rutherford, F. J. (1989). *Science for All Americans AAAS.Project 2061*, New York: Oxford University Press.
- Schmelkes, S. (2006). "La interculturalidad en la educación básica", en *El currículo a debate*, Revista PRELAC, Santiago: UNESCO.
- Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science as inquiry*, Cambridge: Harvard University Press.
- Scott, D. (2014). "Knowledge and the curriculum", *The Curriculum Journal*, vol. 25, núm. 1, 14-28.
- Shamos, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick: Rutgers University Press.
- Shen, B. S. P. (1975). "Scientific literacy and the public understanding of science", en S.B. Day (ed) *Communication of science information*, Basel: Karger pp. 44-52.
- Schulz, R. M. (2014). "Philosophy of Education and Science Education: A Vital but Underdeveloped Relationship", en M. Matthews. (ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer, pp. 1259-1316.
- Solomon, J. (1994). "The laboratory comes of age", en Ralph Levinson (ed), *Teaching Science*, London: The Open University Press-Routledge, pp. 1-21.

Shymansky, J. A., Kyle Jr., W. C. y Alport, J. M.(1983). "The effects of new science curricula on students performance", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 20, núm. 5, pp. 387-404.

Tala S. y Veli-Matti, V. (2015). "Nature of Science contextualized: Studying Nature of Science with Scientist" *Science & Education*, 24, num. 4, pp. 435-457

Tanner, D. y Tanner, L. (1980). *Curriculum Development. Theory and Practice*, New York: Macmillan.

Van Berkel, B., De Vos W., Verdonk, A.H. y Pilot, A. (2000). Normal Science Education and its Dangers: The case of School Chemistry, *Science & Education* 9, pp.125-159.

Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*, New York: Wiley.

Young, M. (2014). "What is a curriculum and what can it do?", *The Curriculum Journal*, vol. 25, núm 1. pp. 7-13.