7. REPENSAR LOS MODELOS DE INNOVACIÓN CURRICULAR, INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA Y FORMACIÓN DEL PROFESORADO PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LAS AULAS DESDE UNA PERSPECTIVA CTS

Aureli Caamaño e Isabel P. Martins

7.1. Introducción

Mejorar el aprendizaje de las ciencias en las aulas de modo que se refleje en los resultados de los exámenes nacionales o en los estudios de evaluación internacionales es uno de los objetivos principales de los profesores, de los investigadores y de los políticos de la educación. Esta cuestión se ha abordado de diferentes maneras, pero la opinión generalizada es que será necesario invertir de forma articulada en distintos frentes: la formación de profesores, los recursos didácticos y los currículos escolares.

A pesar del crecimiento de la investigación en educación en ciencias que se ha producido en las últimas décadas del siglo XX, se observan grandes lagunas en los aprendizajes de los alumnos a la vez que un menor interés y motivación por las ciencias. Una de las vías que hoy se reconoce que puede contribuir a minimizar estos problemas es la de orientar la enseñanza en una perspectiva CTS. Esta orientación propicia otras competencias en los alumnos además de los saberes sobre contenidos específicos.

La intención de este trabajo es la de reflexionar críticamente sobre lo que se ha sido hecho en la Península Ibérica en este sentido e identificar nuevas orientaciones.

7.2. Proyectos de innovación curricular de carácter CTS, investigación didáctica y formación del profesorado en España y Portugal

En el pasado Simposio sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad realizado en el VI Congreso de Enseñanza de las Ciencias, que tuvo lugar en setiembre del 2001 en Barcelona, se abordaron en diferentes comunicaciones la forma en que se había incorporado la dimensión CTS en los libros y manuales de ciencias en Portugal y España, las percepciones y prácticas del profesorado en torno a las mismas, los posibles cambios en la percepciones del alumnado y algunas experiencias en la formación del profesorado (Martins y Membiela 2001; Caamaño y Vilches 2001). En otras publicaciones recientes sobre la enseñanza de las ciencias se analiza también la presencia del enfoque CTS en el currículo escolar español y portugués (Caamaño 2001a, Pedrosa y Martins 2001, Martins 2002).

Por lo que respecta a España en la última década se han realizado cambios curriculares, experiencias y proyectos CTS en la educación secundaria :

- Experiencias CTS iniciadas en el antiguo bachillerato (utilización de los proyectos SATIS, APQUA).
- Intentos de introducir la naturaleza de la ciencia como un objetivo de la enseñanza de las ciencias en la ESO.
- Proyectos de ciencias con componentes de CTS elaborados en los inicios de la reforma: Axarquía, ACES, Ciencia 12-16, Ceres, Investigando/Comprendiendo la naturaleza 12/16, Gaia, Ciències 12-16.
- Participación en el proyecto europeo Ciencia a través de Europa (actualmente, Ciencias a través del mundo).
- Introducción de enfoques CTS en temas transversales de educación ambiental y para la salud (proyectos: La naturaleza en la ciudad, Cambio 2, La salud es cosa de todos, etc.).
- Nuevas materias con componentes CTS en el currículum de ciencias del bachillerato: Ciencias de la Tierra y del medio ambiente, en el bachillerato de Ciencias, y Tecnología industrial, en el bachillerato de Tecnología .
- Experiencias de adaptación y experimentación de proyectos CTS en materias optativas de la ESO (APQUA) o comunes del bachillerato (Química Salters).
- Materias optativas del nuevo bachillerato con carácter total o parcialmente CTS (Ciencia, tecnología y sociedad, Química Moderna y Física Moderna).

Varios de estos proyectos y experiencias fueron presentados en monográficos de la revista *Alambique* (Del Carmen 1994, Caamaño 1995) y más recientemente en el I Seminario Ibérico CTS (Martins 2000).

Por lo que respecta a Portugal se han hecho algunas intervenciones de orientación CTS a través de proyectos de investigación. Es de destacar el Proyecto "Nuevos Materiales Didácticos para una nueva Educación en Ciencias" (Martins 1998) y el Proyecto FIREES de diseño y desarrollo de estrategias de formación de profesores sobre temas sociales relevantes (Thomaz, Martins, Malaquias 1997). A nivel de aula algunos proyectos llevados a cabo han mostrado que es posible seguir esta línea, con resultados prometedores, en la enseñanza básica y secundaria (Manaia y Martins 2001; Gaspar y Martins 2001).

La enumeración de esta amplia relación de cambios en los diseños curriculares, proyectos y experiencias CTS en la enseñanza de las ciencias puede dar una visión excesivamente optimista de los cambios acaecidos en estos últimos años. De hecho, si nos circunscribimos a la influencia que los enfoques CTS han tenido en las materias que constituyen el núcleo común del currículum de ciencias en la educación secundaria obligatoria y en las materias científicas tradicionales del bachillerato: física, química, biología y geología, y tenemos en cuenta la falta de difusión de algunos proyectos elaborados al inicio de la reforma y la falta de generalización y consolidación de

otros proyectos innovadores experimentados, debemos concluir que los avances conseguidos han sido de muy corto alcance.

Por otro lado, son muchos los factores y las dificultades que han incidido en la aplicación de la reforma educativa en España y en el currículum de ciencias en particular (Pedrinaci 2001). Además, en España, la reciente revisión del currículo llevada a cabo por el Ministerio de Educación y Ciencia (MECD 2001) al poner un mayor énfasis en los contenidos teóricos tradicionales ha supuesto un claro retroceso a nivel normativo (Hernández, Solbes y Vilches 2001, Pedrinaci 2002, Caamaño 2003).

En Portugal la revisión curricular iniciada el 2001 en la enseñanza básica (12-15 años) con nuevos marcos legislativos, fue acompañado por primera vez de una publicación "Currículo Nacional. Competencias esenciales" (Setiembre 2001), donde se dan orientaciones explícitas para la enseñanza de las ciencias de acuerdo con una perspectiva CTS.

A nivel de la enseñanza secundaria la revisión curricular en curso ha implicado la formación de nuevos equipos de autores que han imprimido una orientación CTS al diseño curricular de las disciplinas con designaciones tradicionales: Física y Química, Biología y Geología. Consciente de la necesidad de crear las condiciones para una implementación efectiva de las nuevas orientaciones, el Ministerio de Educación portugués ha constituido una red de profesores-formadores asesores de las escuelas (Mendes 2001). Sin embargo, son muchos los profesores que se quejan de una falta de preparación para imprimir un nuevo enfoque a la enseñanza de las ciencias o de no tener recursos para sustentarlo, por ejemplo, laboratorios para los trabajos prácticos y materiales didácticos de soporte para las nuevas propuestas.

Las dificultades descritas no se han dado únicamente en España y Portugal, sino que son compartidas por países de nuestro entorno (Caamaño et al. 2002).

7.3. ¿Cuál ha sido la eficacia de las acciones realizadas?

Por el momento, los proyectos curriculares ejemplificadores de nuevos contenidos y de nuevas metodologías promovidas en los nuevos currícula de ciencias en España, han tenido una influencia importante en la formación del profesorado que ha participado en los proyectos y han servido como materiales de apoyo de múltiples cursos de formación del profesorado de ciencias (Caamaño, Gómez-Crespo, Gutiérrez, Llopis y Martín-Díaz 2001), pero no han conseguido cambios generalizados en la práctica de la enseñanza de las ciencias en las aulas. Varias han sido las modalidades ensayadas en la formación del profesorado de ciencias en estos últimos años: cursos, proyectos, seminarios, asesoramientos en centros (Oñorbe 1998, Caamaño 2001b), pero pocos los dirigidos especialmente a promover un enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias (Solbes, Vilches y Gil 2001).

Por lo que respecta a Portugal la formación de profesores de ciencia ha incorporado la temática CTS y sus objetivos y metodologías de enseñanza, en las disciplinas de Didáctica de casi todas las universidades. Sin embargo, el esfuerzo desarrollado está lejos de haber conseguido superar todas las

carencias y, sobre todo, de haber provocado una inversión de la práctica de la enseñanza de tipo transmisivo, enfocada sobre los contenidos específicos, que las disciplinas de las especialidades vehiculan. A nivel de la formación continua la situación es todavía más dramática. Son extremadamente raros los cursos para profesores con esta perspectiva y su necesidad es enorme ya que son muchos los que afirman tener un conocimiento muy reducido o nulo sobre este enfoque (Lopes 1997).

De las conclusiones de los trabajos citados se deduce la existencia de una serie de problemas todavía no resueltos que impiden conseguir cambios más relevantes en la práctica en el aula. Unos problemas tienen que ver obviamente con la falta de una mayor inversión en educación, lo que posibilitaría un mayor número de profesores para atender a la diversidad, recursos didácticos actualizados, asignaciones horarias para la preparación de trabajos prácticos, mayor número de clases desdobladas, programas de formación específicos para el área de ciencias, mayores facilidades e incentivación del profesorado para participar en los actividades de formación e innovación, etc. Otros problemas pueden provenir de la utilización de modalidades de formación que acaban teniendo poca incidencia en los centros y de la falta de consideración de ciertos factores, como las concepciones y hábitos del profesorado, el contexto escolar y las presiones del entorno educativo, que condicionan la implementación efectiva posterior en el aula de las propuestas trabajadas en cursos y seminarios, incluso en aquellos profesores que están convencidos de la necesidad de efectuar cambios en los contenidos, en los métodos de enseñanza y en la forma de evaluación de las ciencias. Por todo ello urge replantearse la manera más efectiva de introducir en la práctica del aula los nuevos enfoques CTS sobre la enseñanza de las ciencias.

7.4. Conclusiones: ¿Cómo mejorar la eficacia de la innovación curricular, la investigación y la formación del profesorado?

Una reflexión sobre las causas de la falta de éxito de los proyectos y acciones emprendidas en un pasado reciente para reorientar los contenidos y métodos didácticos en la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, tanto en el nivel obligatorio (ESO) como postobligatorio (bachillerato), debería guiarnos para encontrar una manera más eficaz de abordar estos cambios. En este sentido, son interesantes las conclusiones a que se llegan en un reciente estudio aparecido en la revista *Studies in Science Education* (Carlson y Anderson 2002), en el que se analizan los cambios en la práctica de los profesores de ciencias que han tenido lugar en los últimos años en los Estados Unidos de América, desde la doble perspectiva de los objetivos de la reforma de la educación científica (NRC 1996) y de los materiales curriculares que se han desarrollado para plasmar estos objetivos.

A nuestro modo de ver, la eficacia en la introducción de los nuevos enfoques CTS en la práctica del aula debe aunar el desarrollo de nuevos proyectos y materiales curriculares con una acción formativa de amplio alcance, que tenga en cuenta los factores que condicionan una implementación efectiva de las nuevas maneras de entender los objetivos y contenidos enseñanza de las ciencias en las aulas: el pensamiento tradicional del profesorado sobre cuáles son los contenidos de la ciencia que

deben ser enseñados y sobre la manera de enseñar y aprender las ciencias, el contexto escolar en el que se imparten las materias, los recursos disponibles, la función que desempeñan los libros de texto, las facilidades para realizar trabajos prácticos, el soporte recibido por parte de la dirección del centro, los padres y la inspección para la implementación de nuevos proyectos y metodologías didácticas, la actitud y colaboración de los compañeros del departamento didáctico, las acciones de las instituciones educativas encargadas del desarrollo curricular, de la innovación educativa y de la formación del profesorado, la influencia en el currículum de los exámenes externos, como las pruebas de acceso a la universidad o la futura reválida, etc.

La presente comunicación quiere aportar elementos de reflexión y debate para poder diseñar y llevar a término nuevos programas de desarrollo e innovación curricular y de formación del profesorado de ciencias que consigan mejorar de forma más efectiva la práctica de los profesores de ciencias en las aulas, teniendo en cuenta los materiales curriculares elaborados durante el período de reforma de la enseñanza secundaria y las experiencias de innovación curricular y de formación ya realizadas (Oñorbe 2002). Las ideas principales que se proponen son las siguientes:

- Elaborar nuevos materiales que se centren en las ideas y procedimientos básicos de la ciencia y que propongan actividades prácticas y CTS, centradas en el planteamiento de problemas relevantes y en su resolución mediante procedimientos de indagación por parte de los alumnos. No se trataría tanto de elaborar proyectos que cubrieran todos los contenidos del currículum, sino de seleccionar algunos problemas y actividades significativas para cada uno de los grandes bloques de contenidos del currículum y mostrar a través de ellas cómo puede realizarse una enseñanza de las ciencias más acorde con las nuevas propuestas didácticas.

- Aprovechar la realización de evaluaciones internas del currículum del área de ciencias de los centros para reflexionar sobre la idoneidad de las programaciones, las actividades, los trabajos prácticos, los recursos didácticos y los métodos de evaluación que se utilizan y ofrecer un asesoramiento en los aspectos que el profesorado considere que pueden ser mejorados. Por ejemplo, en la programación del conjunto de actividades prácticas a realizar durante el curso en las clases prácticas de una asignatura.

- Realizar cursos y seminarios en los que se discutan cuáles deben ser los contenidos básicos de las ciencias a enseñar y las dificultades de aprendizaje que presentan, y en los que se diseñen actividades de enseñanza para hacer frente a esas dificultades, que muestren el carácter indagatorio de la actividad científica y las relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad.

- Proporcionar a los seminarios de ciencias de los centros participantes los materiales que puedan precisar para la realización de las actividades diseñadas y el asesoramiento para la implementación y seguimiento de las nuevas propuestas curriculares.

- Promover seminarios y grupos de trabajo de innovación e investigación didáctica ligados a la mejora de diferentes aspectos del currículum de ciencias, en colaboración con los departamentos de didáctica de las universidades.
- Planificar y desarrollar programas amplios de innovación curricular, investigación didáctica y formación del profesorado de ciencias en colaboración con las diferentes entidades educativas que inciden en una misma Comunidad: departamentos de innovación educativa y formación permanente de las consejerías de educación, inspección, centros de recursos y documentación en ciencias, centros del profesorado, departamentos de didáctica de las universidades, ICEs, colegios profesionales, seminarios permanentes, asociaciones de profesores de ciencias, etc.
- Incluir en los cursos de formación inicial del profesorado disciplinas de espectro amplio que permitan un conocimiento más amplio de saberes que los que son específicos de la actividad de enseñanza futura, y donde quepan las relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad.
- Orientar el trabajo en las disciplinas científicas (y también en la Didáctica) mediante el método por proyectos. Algunas de las experiencias llevadas a cabo se han revelado enriquecedoras de la formación de los alumnos futuros profesores y permiten prever que podrán tener efectos positivos en sus actividades docentes futuras.
- Confrontar a los futuros-profesores y a los profesores en ejercicio con la vivencia de situaciones que supongan la exploración de nuevos temas y la resolución de problemas abiertos.
- Promover el intercambio de experiencias y la colaboración en proyectos curriculares y de investigación conjuntos con grupos de profesores e instituciones de las comunidades y países de nuestro entorno, especialmente del entorno europeo y latinoamericano.

En resumen se trata de incidir directamente en la mejora del currículum de ciencias de los centros, partiendo de los procesos de evaluación interna del área de ciencias que puedan llevarse a cabo y de la elección por parte del profesorado de cada centro de los aspectos del currículum de ciencias que deseen mejorar en primer lugar: la programación de las asignaturas, la mejora de la comprensión de los contenidos conceptuales, la selección y orientación de los trabajos prácticos, la introducción de actividades CTS, la evaluación, etc. Y combinar esta acción con la potenciación de grupos de innovación curricular y de investigación didáctica en colaboración con los departamentos de didáctica de las universidades y otras entidades educativas. En esta línea de acción en un futuro próximo deseáramos iniciar un proyecto común hispano-portugués de reflexión, investigación e innovación educativa sobre los contenidos y estrategias didácticas más adecuados del currículum de ciencias y, en particular, de química en la enseñanza secundaria obligatoria y en el bachillerato.

7.5. Referencias bibliográficas

Caamaño, A. (coord.) (1995). La educación ciencia-tecnología-sociedad. *Alambique*, 3, 4-84.

Caamaño, A. (2001a). Presencia CTS en el currículo escolar español. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad* (pp. 121-133). Madrid: Narcea.

Caamaño, A. (2001b). Formación del profesorado y desarrollo de actividades de enseñanza centradas en el análisis de las dificultades conceptuales de los contenidos de química. *VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI*. Tomo 1 (pp. 415-416). Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona

Caamaño, A. (coord.) (2003). Las ciencias en el bachillerato. *Alambique*, 36, 5-111.

Caamaño, A., Corominas, J., Düll, O., Furnémont, J., Maurel, J., Mouton, R., Ralle, B., Schwob, M., Serafini, R., Tinnes, J. (2002). La enseñanza de las ciencias en secundaria en Europa: Francia, Bélgica, Italia, Alemania y España. *Alambique*, 31, 7-32.

Caamaño, A., Gómez, M. A., Gutiérrez, M. S., Llopis, R., Martín-Díaz, M. J. (2001). Proyecto Química Salters: un enfoque CTS para la química del bachillerato. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad* (pp. 179-192). Madrid: Narcea.

Caamaño, A., Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación: CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Actas del VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las Ciencias en el siglo XXI*. Tomo 2, (pp. 21-22) , Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Carlson, J. Anderson, R. D. (2002). Changing teachers' practice: curriculum materials and science education reform in the USA. *Studies in Science Education* , 37, 107-135.

Del Carmen, L. (coord.) (1994). Materiales curriculares. *Alambique*, 1, 6-112.

Gaspar, L., Martins, I. P., (2001). A utilização de combustíveis em automóveis - Uma abordagem CTS para o ensino Secundário de Química. *VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI*, Tomo II, (pp. 214). Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona

Hernández, J., Solbes, J., Vilches, A. (2001). Reflexiones sobre el decreto de física y química en el Decreto de Humanidades, *Alambique*, 29, 95-102.

Lopes, C. M. C. (1997). *Investigação em Didáctica e Ensino das Ciências: Percepções dos Professores de Física e Química*. Dissertação de Mestrado, não publicada. Universidade de Aveiro.

Manaia, M. S., Martins, I. P. (2001). Aditivos alimentares e o ensino elementar de Química - Uma proposta CTS. *VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI*, Tomo II, pp. 215. Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Martins, I. P. (1998). A construção de materiais didáticos como via de renovação da Educação em Ciências nos Ensinos Básico e Secundário. Simpósio no *IV Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação*, em *Programa e Resumos*, p. 112. Universidade de Aveiro.

Martins, I. P. (ed.). (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, <<http://www.saum.uvigo.es/reec/Vol1Num1.htm>>.

Martins, I. P., Membiela, P. (2001). La problemática integración de CTS en los sistemas educativos portugués y español. *VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI*, Tomo II, pp. 23-24. Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona.

MECD (2001). Real decreto sobre las enseñanzas mínimas. BOE, n.14 (16 de enero de 2001).

Mendes, A. (2001). A dimensão CTS na formação de professores de ciências: estratégias de formação e construção de saberes. *VI Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI*, Tomo II, pp. 49. Barcelona: ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona.

NRC (National Research Council) (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Oñorbe, A. (coord.) (1998). La formación del profesorado en ciencias. *Alambique*, 15, 5-67.

Oñorbe, A. (coord.) (2002). Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 34, 5-83.

Pedrinaci, E. (coord.) (2001). Las ciencias en la ESO: una revisión crítica. *Alambique*, 27, 5-43.

Pedrinaci, E. (coord.) (2002). Ciencias en la ESO y contrareforma. *Alambique*, 33, 7-98.

Pedrosa, A. Martins, I. P. (2001). Integración de CTS en el sistema educativo portugués. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad* (pp. 107-119). Madrid: Narcea.

Solbes, J. Vilches, A., Gil, D. (2001). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad* (163-175). Madrid: Narcea.

Thomaz, M. F., Martins, I. P., Malaquias, I. M. (1997). Household solid waste and environmental pollution: a workshop guideline. Em *FIREES Project Teacher and Trainer Pedagogical Guide* (pp. 85-100). DGXI EC.