

## LA INTRODUCCIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE LOS MAESTROS

### *History of Science in initial teacher education*

Carmen URONES JAMBRINA

*Departamento de Didáctica Matemática y Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, España, uronesc@usal.es*

**RESUMEN:** En este trabajo ponemos de manifiesto la importancia que para la formación inicial de los maestros tiene incluir en sus currícula contenidos de Historia de la Ciencia. Nosotros proponemos incluir, en los programas de las asignaturas de Didáctica de Ciencias Experimentales de todas las especialidades de Magisterio, un tema teórico-práctico que trate algunas de las grandes controversias que a lo largo de los siglos han marcado el pensamiento científico, agrupándolas en tres apartados: el método de hacer Ciencia, la naturaleza de los seres vivos y la constitución del Universo.

*Palabras clave:* formación del profesorado, enseñanza de las Ciencias, Didáctica de las Ciencias Experimentales, currículum.

**ABSTRACT:** In this paper we try to show the great importance attached to the fact of including contents concerning History of Science in initial teacher education. We propose to include under the subjects related to Didactics of Experimental Sciences (whatever the speciality branch of teachers education) some of the most controversial topics which have been historical milestones in scientific thought. It will be possible to gather them into the following groups: the methodology to do Sciences, the nature of living organisms and the constitution of Universe.

*Key words:* teacher training, Scientific teaching, Didactic of Experimental Sciences, curriculum.

#### INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes objetivos que nos planteamos en la educación de los maestros es su formación integral como personas, capaces de pensar por sí mismos y de actualizarse

permanentemente; para conseguirlo el aprendizaje científico se presenta, hoy más que nunca, como necesario, ya que la formación de un hombre de nuestra época aparece como incompleta si no posee una cultura científica. La sociedad actual se caracteriza por el gran impacto que en ella están provocando el desarrollo de la Ciencia y de la Tecnología, modificando formas de vida y comportamiento. Pensemos por ejemplo en aspectos positivos para la sociedad como el desarrollo alcanzado usando combustibles fósiles (el petróleo, los plásticos, etc.), ordenadores, teléfonos móviles... o en otros aspectos más polémicos como las técnicas de manipulación genética con las que se obtienen alimentos transgénicos o las de fecundación que nos permiten clonar animales. Por todo ello, hoy en día si los hombres de la calle para entender el mundo en el que viven y poder tomar decisiones éticas necesitan una profunda formación científica, ¿qué no debe suceder con la formación de los maestros?

Todo lo anterior choca con la realidad: los currícula de Magisterio, y cada nueva reforma de planes peor, adolecen de escasa formación científica. Las asignaturas de Didáctica de Ciencias Experimentales cuentan con muy escasos créditos de formación. Pero como este mal tiene muy difícil solución, los profesores de Ciencias debemos preguntarnos, hoy más que nunca, ¿qué enseñar?

Mi experiencia personal, después de varios años en la formación inicial y permanente de maestros, me ha hecho observar que los alumnos que llegan a la Facultad poseen una idea de la Ciencia muy alejada de la que actualmente defienden los filósofos de la Ciencia, y cuando están en ejercicio siguen en muchos casos con la misma deficiencia. Ahora bien, como esta manera de entenderla influirá directamente en su práctica en el aula (Mellado y Carracedo, 1993; Thomaz *et al.*, 1996), nos parece urgente conseguir que esto cambie, y que cuando estén ejerciendo como maestros transmitan una imagen de la Ciencia que se corresponda con su verdadera naturaleza.

Si analizamos estudios realizados principalmente en Educación Secundaria podremos conocer mejor el origen y las causas, y buscar posibles soluciones a este grave problema. Estos estudios ponen en evidencia que la mayoría de los estudiantes desconectan al final de la Educación Primaria, y sobre todo en Secundaria, de las Ciencias de la Naturaleza porque perciben un abismo entre sus contenidos y los problemas reales que les afectan; y muestran cómo en los alumnos de Ciencias conviven los contenidos académicos que utilizan para responder a los exámenes con sus antiguos esquemas conceptuales que emplean en su vida cotidiana para abordar los problemas que se encuentran (Harlen, 1989; Gutiérrez Goncet *et al.*, 1990; Gené, 1992; Marin *et al.*, 1997). Las causas parecen estar en que los profesores que enseñan Ciencias ponen sobre todo el énfasis en objetivos relacionados con la adquisición de conocimientos, y no les enseñan a sus alumnos la verdadera naturaleza de la Ciencia (Hodson, 1988; Vázquez, 1994; Thomaz *et al.*, 1996).

#### PLANTEAMIENTOS DEL TRABAJO

Según los postulados de la nueva Filosofía de la Ciencia, hoy la Ciencia se entiende como una construcción de conocimientos que tiene por objetivos buscar explicación a

los problemas y hechos que observa en la Naturaleza para conocer su funcionamiento. La Ciencia indaga y descubre, contribuyendo a desarrollar la tecnología que intentará solucionar problemas sociales de ese momento. Por ello un rasgo fundamental de la Ciencia es su carácter dinámico y evolutivo. En Ciencia los conceptos, los procedimientos y las actitudes no poseen un valor permanente, van variando con el tiempo. Frente a esto los alumnos reciben casi siempre la idea de que los contenidos científicos son verdades inamovibles.

Por otra parte, la extensión del conocimiento se funda en lo ya adquirido, por ello el científico no se limita a su propia experiencia, sino que debe conocer los descubrimientos que le han precedido y así descubrir nuevas cosas. La Ciencia es fruto del trabajo de muchos hombres y mujeres. Además la Ciencia no avanza hecho tras hecho en un terreno aséptico, sino que es hecha por hombres que viven en una época determinada, y es sensible a los problemas sociales de cada momento, por lo que la mentalidad científica está muy condicionada por la mentalidad de su época (Marco *et al.*, 1986). El progreso científico conlleva revoluciones científicas, en palabras de Thomas Kuhn, las grandes ideas científicas o paradigmas de las ciencias se han ido modificando con el paso del tiempo, acarreado la destrucción de determinadas concepciones en favor de otras y siempre este reemplazo de un paradigma por otro ha sido y será revolucionario. (Buena prueba de ello la tenemos con Galileo en la Italia del siglo XVII, o con la teoría de la evolución de Darwin en el mundo del siglo XIX). La Ciencia, y por tanto la Tecnología, son siempre, en un último análisis, un producto cultural y forman parte integral del patrimonio cultural de la humanidad (Matthews, 1994). Por ello la enseñanza de las ciencias debe enseñar conocimientos científicos en su contexto social, histórico, ético y tecnológico y muy pocas veces se hace.

Por tanto, para que los futuros maestros entiendan la Ciencia a la luz de las nuevas concepciones creemos que se hace necesario incluir en los programas de las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza dos aspectos: 1. La investigación del entorno natural de la escuela como recurso didáctico, como ya desarrollamos en Sánchez-Barbudo *et al.* (1995) y 2. Conceptos de Historia de la Ciencia, objetivo de este artículo.

La Historia y la Filosofía de la Ciencia constituyen hoy en día una línea de investigación educativa de creciente interés y potencialidad, y aunque en los últimos años se ha verificado su progresiva incorporación en la enseñanza de ciencias, tan sólo en muy raras ocasiones se incluye en los currícula de formación inicial de maestros (Gandara, 1992; Lombardi, 1997; Matthews, 1994; Vázquez, 1994). Por ello queremos con este artículo dar a conocer a los formadores de maestros nuestra experiencia en este campo.

#### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Nuestra propuesta, tras numerosos ensayos y puestas en práctica con casi 1.500 alumnos (a una media de más de 100 alumnos durante 13 años de docencia) en distintas especialidades de Magisterio defiende la inclusión de un tema (en torno a 4 horas de clase) sobre Historia de la Ciencia en los programas de las asignaturas de Didáctica de

Ciencias Experimentales de todas las especialidades de maestro. Pues sólo a través de la Historia de la Ciencia se consigue en poco tiempo entender qué es la Ciencia y qué persigue, los procesos seguidos por los científicos en su construcción y su papel en la sociedad, lo cual será determinante para el modo en que estos futuros maestros enseñarán Ciencia a los niños. Y además les aporta el equilibrio imprescindible entre las ciencias y las humanidades tan importante hoy en día, permitiéndoles alcanzar las bases culturales, humanistas y científicas que les permitan una continua actualización y un desarrollo posterior.

Somos conscientes de que un resumen de estas características tiene a la fuerza que ser superficial (Lombardi, 1997). Pero tenemos que volver a insistir en el escaso número de créditos con el que contamos para toda la enseñanza de las Ciencias y su Didáctica, y de la deficiente formación científica con que acceden los alumnos a los estudios de Magisterio. Por ello la propuesta que nosotros hacemos a los ojos de un especialista en Ciencias siempre parecerá superficial, pero en realidad constituye aproximadamente el 6% de las horas totales de un curso.

De los numerosos modos posibles de abordar la Historia de la Ciencia en las aulas nosotros proponemos, a título de ejemplo, tratar la evolución de algunos conocimientos científicos sobre la naturaleza agrupados en torno a tres grandes apartados que abarcan prácticamente los grandes hitos científicos: el método de hacer Ciencia, la naturaleza de los seres vivos y la constitución del Universo, aunque cada profesor puede ensayar otros bloques distintos, y en cada uno de ellos tratar algunas de las grandes controversias que se han suscitado entre los científicos de cada época, explicándolas en relación al contexto de la época en que sucedieron, pues a través de ellas nuestros alumnos entran en contacto con problemas interesantes que se podrán encontrar en su desarrollo profesional futuro.

Al introducir estos paradigmas debemos previamente explorar las ideas que ya tienen nuestros alumnos, y acompañar las explicaciones del profesor con la lectura comprensiva de textos de los propios científicos (como los recopilados por ejemplo en Marco, 1992) y de artículos de la prensa actual que aborden las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad. En este proceso las concepciones iniciales de los alumnos experimentarán cambios, e incluso podrán ser cuestionadas radicalmente, como señala Gil Pérez (1993), llegando a lograr el cambio conceptual a través de la discusión y la crítica. De este modo los futuros profesores podrán trasladar este modo de aprender ciencias a su aula.

Existen muchos y buenos estudios concretos sobre distintos autores y momentos históricos, así como traducciones de los textos originales de muchos de ellos. Es labor del profesor de Didáctica de Ciencias orientar a sus alumnos más interesados hacia esta bibliografía.

### *El método de hacer Ciencia*

Haremos una comparación entre el método deductivo, aplicado desde el origen de la Ciencia por los griegos (base de la lógica aristotélica) y el inductivo establecido con

Bacon y Galileo en el siglo XVI. Nos podemos valer de los conocidos experimentos hechos por Galileo sobre la caída de los cuerpos (Butterfield, 1982). A mediados del siglo actual Karl Popper puso de manifiesto que en algunos casos la hipótesis precede a la observación y de ella se deducen ciertas conclusiones, que después se comprueban mediante experimentos. Si las predicciones se confirman la hipótesis se corrobora, si no se modifica (Popper, 1962). Por lo tanto el conocimiento científico es construido por la inteligencia humana teniendo en cuenta el conocimiento existente y por actos creativos en los que la teoría precede a la observación (Mellado y Carracedo, 1993) por lo que sólo la inducción se demuestra inadecuada como base del método científico. Actualmente se está de acuerdo en que todo estudio científico aplica *la metodología científica o experimental* con la comprobación experimental de las teorías, pero no hay acuerdo en cuanto al modo de proceder de los científicos en su aplicación. Se acepta que la construcción del conocimiento científico es una actividad compleja y existe un *pluralismo metodológico*, según qué casos estos dos modos de proceder, el inductivo y el deductivo, son válidos. Hoy en día los científicos adoptan los métodos de estudio de la realidad que consideran más apropiados en su investigación (Hodson, 1988).

También se debe a Popper la tesis «*falsacionista*» de la Ciencia, él afirma que en Ciencia se puede demostrar que algunas teorías son falsas, apelando a los resultados de la observación y la experimentación, pero nunca lo contrario, ningún enunciado es necesariamente verdadero, por lo que los conocimientos científicos tienen un *status temporal*. Llegándose así al principio de incertidumbre en la Ciencia, por el que las teorías científicas no representan una verdad cierta, con el tiempo serán reemplazadas por otras teorías, en cambio lo que sí representan son la mejor explicación con que contamos en ese momento. Las teorías son estructuras complejas con capacidad de describir, explicar y predecir fenómenos observables, sin ser dependientes de ninguna observación sencilla (Hodson, 1988; Gil Pérez, 1993).

Partiendo de esta historia en la actualidad todo lo que se llama Ciencia está basado en experimentos, proyectados de acuerdo con *la metodología científica o experimental* (Losee, 1981). Complementariamente en las prácticas de las asignaturas de Didáctica de Ciencias abordaremos las capacidades que esta metodología posibilita y los alumnos tendrán que elaborar en pequeños grupos un sencillo experimento que pudiesen realizar en la escuela aplicándola.

### *La naturaleza de los seres vivos*

Las grandes polémicas que ha habido a lo largo del tiempo en este campo son:

a) Sí/no a la generación espontánea, resuelta a favor de la no generación espontánea para animales grandes tras los experimentos del médico italiano Redi en el siglo XVII. Y para los seres microscópicos en el siglo XIX con los trabajos de Louis Pasteur que demostraron que los seres vivos proceden de otros seres vivos (Usabiaga *et al.*, 1982). Resulta sumamente educativo para los alumnos de Magisterio leer algún párrafo del diario de Pasteur recogido por Marco (1992, pp. 31-33). Prácticamente estos alumnos

terminan su carrera sin haber tenido acceso a un texto escrito por un científico. Hecho destacado para algunas licenciaturas universitarias por Matthews (1994) en su artículo «Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual».

b) La segunda polémica es la que enfrenta al concepto *vitalista* (o *animista*) de la vida, que defendía que los seres vivos se diferenciaban de los seres inertes por poseer un «principio vital» o *psyque*, alma, que les permitía realizar actividades que no podían realizarse fuera de los seres vivos, frente al concepto *mecanicista*, introducido por Descartes, en el siglo XVII. Comentar con los alumnos cómo hoy en día gracias a los trabajos de síntesis orgánica, comenzadas con la síntesis de la urea por el químico alemán Wöhler, se ha comprobado que la química orgánica sigue las mismas «leyes» que la química inorgánica: la vida puede definirse en términos mecanicistas (*reduccionistas*). Pasando a considerarse la química orgánica como la que trata de los compuestos del carbono.

c) Otra gran controversia fue la que enfrentó a la concepción de los seres vivos creacionista y estática (*fijista*) con los *evolucionistas*. Las primeras tesis defendidas hasta el siglo XIX tienen a Cuvier entre sus más fervientes defensores, quien para explicar la existencia de las faunas fósiles sucesivas defendió la teoría de los cataclismos, éstos de vez en cuando habrían destruido las faunas existentes y habrían sido seguidos de la creación de nuevas formas de vida. Esta teoría usada también para explicar el origen de la Tierra mediante grandes catástrofes (*catastrofistas*) se contraponía a la que defendía que los fenómenos geológicos han ocurrido siempre de la misma manera que suceden actualmente: erosión de los ríos, del viento, volcanes, terremotos, a éstos se les llamó uniformistas. Lamarck frente a Cuvier defiende las primeras ideas evolucionistas, pero sus puntos de vista (como el conocido ejemplo del origen de la jirafa) resultaron insostenibles, y hubo que esperar a que Darwin publicara en 1859 *El origen de las especies*, para que las ideas evolucionistas poco a poco se impusieran. Aconsejamos leer los recuerdos autobiográficos que Darwin escribió para sus hijos para conocer los rasgos personales de este gran científico (Darwin, 1993). Hoy se cuenta con evidencias que permiten considerar la *evolución* como una realidad incuestionable, aunque se discute sobre los mecanismos que intervienen en el fenómeno evolutivo: la selección natural, las mutaciones, las recombinaciones genéticas que se dan en los procesos de reproducción sexual, etc. (Cabello y Lope, 1987). Es un hecho demostrado aunque en algunos estados de los Estados Unidos de Norteamérica algunos políticos intenten hurtársela a la educación de los adolescentes.

Los procesos evolutivos, de cambio, no afectan sólo a los seres vivos, sino que la propia Tierra también ha ido cambiando a lo largo del tiempo. A comienzos del siglo XX Wegener propuso una teoría dinámica de la Tierra con su idea de *la deriva de los continentes*. Lo que hoy, con numerosas pruebas científicas avalándola, se conoce como *Tectónica de placas*. Por tanto, los procesos de cambio no sólo afectan a los seres vivos, sino que los cambios geológicos son simultáneos con los biológicos. Y aún más, podemos decir que los procesos de cambio afectan en realidad a todo el Universo, como propone la teoría de la gran explosión (el *Big Bang*).

### *La constitución del Universo*

a) Las antiguas ideas griegas defendían que en la Tierra todas las cosas estaban formadas por 4 elementos básicos: tierra, agua, aire o fuego, y que todo lo conocido eran combinaciones de estos elementos en distintas proporciones, unido a que cada elemento tenía su propio lugar y que cada sustancia intentaba volver a su lugar natural, así las piedras caen cuando se las suelta y las llamas suben hacia arriba. Esto que hoy suena tan poco científico, aunque no sea tan diferente de nuestra moderna división de la materia en sólidos, líquidos y gases (Hahn, 1991; Sanllorenzo, 1991), sólo se contempla en el apartado del Zodíaco de algunas revistas. A finales del siglo XVIII se demostró que uno de los elementos básicos de Aristóteles, el agua, era una mezcla de hidrógeno y oxígeno, y que otro de estos elementos, el aire, era en realidad una mezcla de diferentes gases. A comienzos del siglo XIX ya se conocían algunos más de 20 elementos básicos. Hoy en día se reconoce que cada sustancia del Universo está compuesta a partir de estos más de cien elementos químicos que hoy se han aislado.

b) Otra idea que tuvo gran vigencia desde los griegos hasta el siglo XIX, durante más de 2.000 años, era la que defendía que la materia estaba hecha de una sustancia *continua*, por lo que la división de las cosas materiales podría proseguirse hasta el infinito. Aunque algunos pensadores, sin éxito, habían defendido lo contrario, como Demócrito que, ya en el siglo V, había dicho que la materia era *discontinua* y que estaba formada por diminutas partículas con espacios vacíos entre ellas (los átomos), palabra griega que significa indivisible (por tanto intuyen que la divisibilidad tenía un límite). El Universo según ellos se componía de átomos y de vacío (de «ser» y «no ser»). Los átomos serían infinitos en número, macizos, indivisibles, intransformables, indestructibles y eternos. A lo largo del siglo XIX y del XX, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr..., desentrañan la existencia de cientos de partículas (*partículas elementales o subatómicas*), algunas de las cuales sólo existen momentáneamente y otras sólo poseen energía. Hoy en día los científicos todavía están lejos de entender completamente la verdadera naturaleza de la materia. Con la *Teoría cuántica* de Planck que dice que la energía radiante no se emite de manera continua, sino en fotones y los descubrimientos de Einstein se da una visión probabilística del átomo y de la distribución de carga en torno al núcleo (Asimov, 1983; Marco *et al.*, 1986).

c) La última polémica que trataremos es la creencia manifestada desde los griegos y desarrollada por Ptolomeo de que la Tierra era el centro del Universo (sistema geocéntrico), frente al sistema heliocéntrico propuesto por Copérnico, en el siglo XV. Este último modelo fue comprobado experimentalmente por Galileo al emplear su invento, el telescopio (Mason, 1987). Lo que como es bien sabido le pone en gran conflicto con la Iglesia Católica, que defendía al pie de la letra la Biblia donde pone que la Tierra no se mueve. Encarcelado y juzgado por el Tribunal de la Santa Inquisición, en 1633 es obligado a abjurar de sus postulados científicos. Podemos acercarnos a los futuros maestros los textos y cartas seleccionados por Marco (1992) o bien artículos de prensa (Mosterín, 1994). Totalmente demostrado que la Tierra giraba alrededor del sol, se

fueron recogiendo evidencias de que el sol no era un astro inmóvil, sino que a su vez él se desplazaba. En la primera mitad del siglo XX los estudios sobre los astros comenzaron a desechar la creencia de que nuestra Vía Láctea incluía todo el Universo existente. El astrónomo Hubble comprobó que muchas nebulosas de la Vía Láctea eran en realidad otras galaxias equiparables a la nuestra, por ejemplo «Andromeda», pero que estaban situadas a enorme distancia de nosotros. El Universo era inimaginablemente mayor de lo que se pensaba. Y además se confirmó que estaba en *expansión*, los astros se separan unos de otros. Hoy se acepta para explicar el origen del Universo la teoría del *Big Bang*, la gran explosión, que dice que hace unos 15.000 millones de años tras una indescriptible explosión se originó el Universo que ha ido evolucionando y transformándose con el tiempo, dando lugar a las distintas formas de energía y materia que hoy existen en el cosmos.

#### RESULTADOS OBTENIDOS EN EL AULA Y COMENTARIOS FINALES

Tras la puesta en práctica de esta experiencia durante varios cursos académicos, las evaluaciones de los alumnos (formativa y sumativa) han mostrado claramente una mejor comprensión de los objetivos de la Ciencia. Nuestra reflexión sobre la práctica a lo largo de estos años nos hace partidarios de la inclusión de los contenidos de Historia de la Ciencia en la formación inicial de los maestros. Pues:

– Al enseñar a nuestros alumnos a través de la construcción histórica de los conocimientos científicos ellos mismos realizan a la vez una construcción progresiva de sus conocimientos sobre la realidad (*aprendizaje constructivista*). Esta metodología les hace dudar de las evidencias, al ver perspectivas y puntos de vista complementarios o contrapuestos sobre un mismo fenómeno, *les ayuda a elaborar criterios personales* y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época mediante el contraste y evaluación de informaciones obtenidas en distintas fuentes. Con lo que formamos individuos más libres, capaces de pensar y decidir por sí mismos (Porlan *et al.*, 1988).

– Al explicarle a los alumnos a partir de polémicas se les ayuda a *crear conflictos* entre las ideas que tienen formadas y los nuevos conocimientos. El aprendizaje de Ciencias es un proceso de reorganización de sus esquemas de conocimiento iniciales. Y estos nuevos conocimientos (de hechos, conceptos y actitudes) enlazan con la estructura cognoscitiva de los alumnos con lo que el resultado es un *aprendizaje significativo*.

– Conocer en líneas generales los hitos más importantes del pensamiento científico resulta *motivador y estimulante* para los alumnos al ofrecerles una visión general de los conocimientos humanos. La Historia de la Ciencia despierta en ellos las ganas de aprender (Mason, 1984). Con esta formación científica asimilan algunos conceptos básicos de las ciencias y los *utilizan para interpretar los fenómenos naturales en sus actividades cotidianas* corrigiendo algo tan habitual en los alumnos de ciencias como es contar con unos contenidos académicos que utilizan para responder en los exámenes conviviendo con sus antiguos esquemas que utilizan para explicar problemas en su vida cotidiana.



– La Historia de la Ciencia enseña la provisionalidad de las teorías, su evolución gradual, ayudándoles a valorar las aportaciones de los científicos como un proceso de construcción *ligado a las características y necesidades de la sociedad en cada momento* histórico y sometido a evolución y revisión continua. Aprecian la importancia de la Ciencia y reconocen y valoran las aportaciones de ésta para la mejora de las condiciones de vida de los seres humanos, por lo que adquieren actitudes positivas hacia la Ciencia, a la vez que les aporta en su formación el equilibrio imprescindible entre las ciencias y las humanidades.

– Adquieren además los valores y actitudes propios del pensamiento científico y adoptan una actitud crítica y fundamentada ante los graves problemas que hoy plantean las relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formando personas capaces de documentarse ante las nuevas aplicaciones de la Ciencia y de actualizarse permanentemente. Consiguiendo en definitiva la formación integral de las personas, fin último que tiene planteada la educación.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASIMOV, I. (1983): *Grandes ideas de la Ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- BUTTERFIELD, H. (1982): *Los orígenes de la ciencia moderna*. Madrid: Taurus.
- CABELLO, M. y LOPE, S. (1987): *Evolución*. Madrid: Alhambra.
- DARWIN, C. (1993): *Autobiografía*. Madrid: Alianza Editorial.
- GANDARA, M. (1992): «La investigación en enseñanza de las Ciencias en España». *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 19-26.
- GENÉ A. (1992): «La Historia de la ciencia, hilo conductor de la enseñanza y el aprendizaje. Un ejemplo: La fotosíntesis de las plantas verdes». *Aula de Innovación Educativa*, 4-5, 22-29.
- GIL PÉREZ, D. (1993): «Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación». *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- GUTIÉRREZ GONCART, R.; MARCO STIEFEL, B.; OLIVARES JIMÉNEZ E. y SERRANO GISBERT T. (1990): *Enseñanza de las Ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Rialp.
- HAHN, J. (1991): *Ciencia en tus manos. Proyectos y experimentos que revelan los secretos de la Ciencia*. Barcelona: Plaza & Janes. Fundació «La Caixa».
- HARLEN W. (1989): *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: MEC y Ed. Morata.
- HODSON D. (1988): «Filosofía de la ciencia y educación científica». En R. PORLAN; J. E. GARCÍA, y P. CAÑAL, (eds.): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Editoras, pp. 5-21.
- LOMBARDI, D. I. (1997): «La pertinencia de la Historia en la enseñanza de Ciencias: Argumentos y contraargumentos». *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 343-349.

- LOSEE, J. (1981): *Introducción histórica a la filosofía de la Ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- MARCO, B. (1992): *Historia de la Ciencia. Los científicos y sus descubrimientos. Materiales 12-16 para Educación Secundaria*. Madrid: Ministerio Educación y Ciencia y Narcea.
- ; GONZÁLEZ, A. y SIMO, A. (1986): *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.
- MARÍN, N.; JIMÉNEZ GÓMEZ E. y BENARROCH, A. (1997): «Delimitación de “lo que el alumno sabe” a partir de objetivos y modelos de enseñanza». *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 215-224.
- MASON, S. F. (1987): *Historia de las Ciencias. 2. La revolución científica de los siglos XVI y XVII*. Madrid: Alianza Editorial.
- MATTEWS, M. R. (1994): «Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación actual». *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993): «Contribuciones de la Filosofía de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 331-339.
- MOSTERÍN, J. (1994): «El pecado de Wojtyla». *El País*, 26 de mayo, 16.
- POPPER, K. (1962): *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- PORLAN, R.; GARCÍA, J. E. y CAÑAL, P. (eds.) (1988): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. 5-21. Sevilla: Diada Editoras.
- SANLLORENTE, A. (1991). «Evolución histórica de los conceptos». *Apuntes de Educación. Naturaleza y Matemáticas*. Anaya, 40, 2-5.
- SÁNCHEZ-BARBUDO, M.; URONES, C. y VACAS, J. M. (1995). «La investigación del entorno natural de la escuela como recurso didáctico». *Aula*, 7, 307-314.
- THOMAZ, M. F.; CRUZ, M.; MARTINS, I. P. y CACHAPUZ, A. F. (1996): «Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la Ciencia: Contribuciones de la formación inicial». *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 315-322.
- USABIAGA, M. C. y otros. (1982): *Historia de la Ciencia en el aula*. Madrid: Narcea.
- VÁZQUEZ, A. (1994): «Concepciones iniciales sobre la enseñanza en profesores de ciencias de secundaria en formación». *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21, 159-173.