



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**PERFILES
EDUCATIVOS**

ISSN 0185-2698

Hernández Rodríguez, María Cristina (1996)
**“LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA FORMACIÓN
DE LOS CIENTÍFICOS”**
en Perfiles Educativos, Vol. 18 No. 73 pp. 33-39.

LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA FORMACIÓN DE LOS CIENTÍFICOS

Ma. Cristina Hernández Rodríguez*

El trabajo analiza la importancia de incorporar un enfoque histórico en la formación de nuevos científicos, de manera que ofrezca elementos que les permitan comprender integralmente los conceptos, teorías y métodos válidos en la actualidad y les conduzca a tomar conciencia sobre el papel que los científicos han jugado históricamente.



THE HISTORY OF SCIENCE AND THE TRAINING OF SCIENTISTS. *The author analyzes the significance of including subjects with a historical approach in the training of new scientists. This practice could offer the necessary elements for the students to understand in an integrated way concepts, theories and currently valid methods. The purpose of this is to make the students aware of the role scientists have played throughout history.*

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de transformar el enfoque positivista de la educación tradicional y de las diversas metodologías de enseñanza empleadas en los programas escolares, en diversos estudios se ha analizado la importancia de que los estudiantes comprendan el proceso histórico de construcción de los conceptos, principios y teorías científicas (Novak, 1982; Moreno, 1986; Gagliardi y Giordan, 1986; Jiménez y Fernández, 1987; Polo y López, 1987; Peñalver, 1988; Gagliardi, 1988; Matthews, 1989; Gil y Pessoa, 1992).

Particularmente en la formación de los científicos, la enseñanza debe estar enfocada no sólo al conocimiento disciplinario que debe manejar el alumno en este nivel educativo, es necesario también que los planes de estudio ofrezcan a los estudiantes elementos que los capaciten para aprender, construir y manejar el conocimiento, con el fin de que comprendan los conceptos y teorías de su especialidad para que se concienticen acerca de la repercusión social que el trabajo de los científicos ha jugado históricamente (Ruiz, et al., 1993; Suárez, et al., 1993; Hernández, 1992, 1993). En este sentido, la comprensión del proceso histórico de producción de conocimiento, de la construcción teórico-conceptual y de las estrategias metodológicas empleadas para ello, es básico para lograr un mejor aprendizaje de su disciplina, al mismo tiempo que favorece la formación integral de los futuros científicos.

Desde esta perspectiva, la incorporación de la historia de la ciencia en los programas escolares representa una alternativa para lograr este tipo de formación, ya que incorpora problemas estrechamente vinculados, como el desarrollo teórico de la disciplina, la metodología utilizada en la construcción de la misma y la problemática de la enseñanza de la ciencia.

* Laboratorio de Historia de la Biología y Evolución, Facultad de Ciencias, UNAM.

Antecedentes

A pesar de que la formación de investigadores es uno de los objetivos fundamentales de la educación superior en el área científica, generalmente los planes de estudio y los métodos de enseñanza no ofrecen adecuadamente al estudiante, los elementos que lo capaciten para enfrentar y solucionar problemas concretos de investigación o para la toma de decisiones en cuanto a las políticas científicas en el área en que se desempeñan (Suárez et al., 1993; Hernández, 1992, 1993).

Los estudiantes de ciencias conocen poco acerca de la construcción teórico-metodológica relacionada con su área de conocimiento (Gil, 1986; Suárez, 1993). Con relación a la actualización teórico-conceptual, normalmente existe un desfase entre el momento en que se produce el conocimiento científico y su introducción en los programas de enseñanza (Mendoza y Rojo, 1992). Además, en la mayoría de los casos no se señala la forma como se construyeron los paradigmas vigentes (Matthews, 1989; Gil, 1986; Kuhn, 1982; Winchester, 1989).

En términos generales, la educación tradicional generalmente ofrece una imagen poco real de la actividad científica. Así, en la escuela se supone que la ciencia se caracteriza por tener un desarrollo progresivo, acumulativo y lineal, y que los conocimientos que se enseñan son hechos acabados y verdaderos. No siempre se presenta una idea clara del proceso de producción del conocimiento científico y de los errores que los expertos en ciencia enfrentan para llegar a la construcción de una teoría. De esta manera, la mayoría de los programas escolares tienen una concepción positivista sobre la naturaleza y la producción del conocimiento científico (Novak, 1982; Gil, 1986).

La enseñanza de la ciencia casi nunca muestra los problemas que se han planteado a lo largo de la historia; poco se analiza acerca de las diversas aproximaciones que desde posiciones filosóficas, marcos teóricos y estrategias metodológicas distintas, interpretan algún problema científico (Suárez et al., 1993; Hernández, 1992, 1993).

La historia de la ciencia, la mayoría de las veces se enseña como el «relato» de los acontecimientos y de los «personajes famosos» que han dado las bases para fundamentar el conocimiento actual (Hernández, 1992). De esta manera se le concibe como una trayectoria continua hacia el conocimiento presente, al mismo tiempo que éste se valida (Kuhn, 1982).

Los contenidos conceptuales de planes de estudio, cursos, libros de texto y otras herramientas de enseñanza, por lo general se enfocan al análisis del conocimiento que las comunidades científicas actualmente considera válido. En este contexto, el contenido de los libros de texto, por ejemplo, debe ser aceptado por los estudiantes, ya que proviene de fuentes «autorizadas» o «autoritarias» como son las comunidades científicas (Kuhn, 1971).

Kuhn ha planteado que los científicos se forman con base en el análisis de los «paradigmas» dominantes. Así, los alumnos estudian detalladamente los marcos teóricos y metodológicos que el "paradigma" actual considera válidos; sin embargo, éste no incluye la reflexión sobre éste, ni ubica a la ciencia como actividad social (Kuhn, 1971; Matthews, 1989).

El contenido de cursos, libros de texto, etcétera, que está estructurado con base en teorías y enunciados, ha resuelto un cierto tipo de «problema», sin plantearles las diferentes formas y estrategias por las que éste ha sido interpretado o explicado (Winchester, 1989). Es decir, el contenido conceptual que se presenta a los alumnos no contiene problemas, sino únicamente soluciones (Otero, 1986). La consecuencia de que el conocimiento científico les parezca un conjunto de datos arbitrarios e inconexos, tiene profundas implicaciones en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y en su capacidad de formular y resolver problemas de investigación (Moreno, 1986; Otero, 1986; Peñalver, 1988).

Otero señala que de acuerdo con la teoría del aprendizaje de Ausubel, el aprendizaje significativo tiene lugar cuando el que aprende conecta de manera no arbitraria la nueva información a ideas que ya posee. Por tanto, al suprimir los elementos involucrados en las reformulaciones conceptuales de la ciencia con fines pedagógicos, desaparece el componente que hace menos arbitrario su contenido (Otero, 1986).

Sin embargo, el conocimiento es transmitido casi a manera de «recitaciones» que el estudiante debe aprender y reproducir en exámenes u otros instrumentos de evaluación (Moreno, 1986; Peñalver, 1988). Normalmente se le presenta una exposición de teorías, seguidas de experimentos y demostraciones que las refuerzan. Pero esta corroboración sólo puede percibirla quien ha comprendido previamente cuáles han sido las bases conceptuales, metodológicas e históricas en las que se fundamentan dichas teorías y el contexto en que se construyeron; cuando esto no sucede los resultados de la experiencia se transforman en un dato más al que debe creerse (Moreno, 1986; Peñalver, 1988).

De todo lo anterior, se puede afirmar que la enseñanza de la ciencia constituye un problema altamente complejo. Normalmente se observan dos tendencias:

- a) la ciencia presentada como un cúmulo de resultados pero sin historia;
- b) la ciencia tratada como algo que puede ser captado por los ejemplos de trabajo expuestos en los libros científicos.

Ambas actividades, es decir, el análisis de los resultados de la ciencia y de los ejemplos científicos estándares, son importantes para la iniciación en las complejas actividades involucradas en una disciplina científica. Sin embargo, de acuerdo con Winchester, fallan al no transmitir al estudiante: la excitación del descubrimiento científico; la comprensión de los problemas conceptuales para el desarrollo de nuevos dominios en la investigación científica o el avance de los viejos; la gran cantidad de dificultades en la interpretación y construcción de las teorías; y la trayectoria de los problemas filosóficos y éticos que enfrentan los científicos durante el proceso de construcción de una teoría (Winchester, 1989).

Por ello, la razón de este trabajo se fundamenta en la convicción de que la toma de conciencia de la dimensión histórica y filosófica de la ciencia, en particular por parte de los profesores, puede hacer una contribución importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, en el desarrollo de un currículo más coherente, y en la formación integral de los futuros científicos.

Los usos de la historia de la ciencia

La función de la historia de la ciencia ha sido analizada en numerosos trabajos, sin embargo, su empleo en el aula ha sido muy limitado (Jiménez y Fernández, 1987; Hernández, 1995). La enseñanza de esta disciplina constituye una tarea difícil. En el contexto de la educación tradicional, aunado a las dificultades existentes en los cursos de ciencias, se suma la introducción de estos temas, que ante la amplitud de los programas escolares, la falta de tiempo para abordarlos de manera adecuada y las deficiencias en la formación de los profesores, trae como resultado la fatiga de los estudiantes debido a la falta de comprensión de los procesos históricos, ya que se transforman nuevamente en datos, nombres y fechas que deben aprender, o en el más común de los casos, memorizar (Gagliardi, 1988).

No obstante, recientemente la teoría educativa ha puesto énfasis en la necesidad de replantear el enfoque para la enseñanza de la ciencia, destacando el papel de la construcción del conocimiento en su nivel escolar y científico. En este contexto, es posible dar a la historia de la ciencia una nueva orientación que posibilite un mejor aprendizaje de los estudiantes y la toma de conciencia de la dimensión social de su disciplina.

La introducción de la historia de la ciencia en los programas escolares tiene un enorme potencial y puede considerarse no sólo en la parte introductoria de cursos específicos, sino también como una herramienta básica para definir contenidos fundamentales de enseñanza.

Existen diversas formas mediante las cuales la historia de la ciencia puede ser empleada en la enseñanza. A continuación se presentan algunas de las orientaciones más importantes.

Tema de enseñanza

La historia de la ciencia como materia de enseñanza puede ser utilizada de la siguiente manera:

- a) como parte introductoria de los cursos o unidades de aprendizaje;
- b) como criterio para organizar los temas de una unidad didáctica;
- c) en forma de biografías o mediante la utilización de textos científicos que den cuenta de una investigación o descubrimiento importante.

Aunque estas estrategias aporten elementos para la comprensión de los temas a estudiar, es importante que estén enmarcadas dentro de un marco general de aprendizaje que ofrezca una visión real del desarrollo histórico de una disciplina, y que no constituya una masa más de información que el estudiante no pueda asimilar.

Como tema de enseñanza la historia de la ciencia puede ser empleada, por ejemplo, para generar discusiones sobre el caso de la «verdad» científica. Mediante el uso de esta herramienta didáctica puede mostrarse que los conocimientos que actualmente se consideran válidos, no son «verdades eternas», sino construcciones realizadas en un contexto social definido y con una validez temporal (Gagliardi y Giordan, 1986).

Las discusiones en torno a los periodos de grandes transformaciones científicas puede demostrar la influencia de los factores sociales, económicos y políticos que entraron en juego en la aceptación y legitimación de una teoría. Esto puede ofrecer al estudiante herramientas conceptuales para comprender el estado actual de la ciencia como institución social, que le sirva para conocer su estructura actual, su relación con el poder, su ideología, así como los sectores que la controlan y se benefician con los resultados de esta actividad (Gagliardi, 1988).

Entonces, la historia de la ciencia puede utilizarse como un medio para analizar la relación de la ciencia con la política, la generación de tecnología y los mecanismos de apropiación y control de los conocimientos científicos por parte de la sociedad. La escuela debe lograr que los alumnos comprendan los mecanismos sociales que conducen a la apropiación de los conocimientos y los riesgos que implica su utilización (Gagliardi, 1988). En este mismo sentido, la historia de la ciencia puede mostrar cómo se reproducen y se legitiman las ideas dominantes de una sociedad. Estos elementos pueden ayudar a la comprensión de sistemas tan complejos, y con tantas interacciones, como son las sociedades humanas (Gagliardi, 1988).

Foco de discusión

La historia de la ciencia puede ser un excelente medio para introducir discusiones sobre los mecanismos de construcción del conocimiento científico. Esto es importante debido a que puede favorecer el rechazo de la concepción positivista de la ciencia tan generalizada en la escuela, que ofrece una imagen falseada de la ciencia y de su desarrollo histórico (Gagliardi y Giordan, 1986).

La historia debe dejar de verse como la serie de descubrimientos sucesivos, realizados por «genios», que de manera continua han aportado una piedra al "gran edificio del saber". Es necesario que los estudiantes comprendan las dificultades, los obstáculos y los errores de todo tipo que los científicos tuvieron que franquear, para llegar a la elaboración de una teoría, sin dejar de lado el contexto en el cual se construyó (Gagliardi y Giordan, 1986).

La historia de la ciencia, de esta manera, puede constituirse como una herramienta para generar discusiones sobre lo que es conocer y cómo se conoce. Debe mostrar que el conocimiento actual es resultado de un proceso largo, donde algunas experiencias no son suficientes para cambiar una teoría, donde los factores sociales tienen un peso importante. Esto puede ayudar a desmitificar la imagen de la ciencia y sobre todo, a favorecer la comprensión de la teorías actuales, ya que finalmente el conocimiento de éstas constituye uno de los objetivos centrales de la enseñanza de la ciencia.

Construcción de conocimiento

Todo modelo de enseñanza de las distintas disciplinas científicas se basa implícita o explícitamente en una concepción de lo que es la ciencia y cómo se construye. A partir de ésta concepción, se definen estrategias (prácticas de laboratorio, desarrollo de experimentos, etcétera) que pretenden reproducir en la escuela el trabajo que llevan a cabo los científicos. Sin embargo, la mayoría de los programas de enseñanza asumen un enfoque inductivista, que dista mucho de ser el método que siguen los científicos para llegar a la construcción de teorías (Ruiz, 1993). Además de que se omiten muchos de los aspectos centrales de la actividad científica.

En este sentido, la historia de la ciencia puede ayudar a diferenciar el proceso de construcción de conocimiento a nivel científico y escolar, que tan frecuentemente se confunde en los programas escolares. Gagliardi y Giordan (1986) plantean: «los alumnos no hacen ciencia en clase. La ciencia es una actividad institucional, integrada, en la que se aceptan implícitamente o explícitamente ciertas teorías previas, y en la cual se utilizan métodos aceptados por la comunidad científica. La actividad en clase de los alumnos no es similar a la actividad científica».

La discusión y análisis de estos problemas pueden ayudar a definir currícula más coherentes y consistentes tanto con el aprendizaje de los estudiantes, como con la realidad del quehacer científico.

Definición de obstáculos epistemológicos

Actualmente se plantea que el aprendizaje de los alumnos constituye un proceso de construcción de conocimiento. Es decir, el estudiante deja de concebirse como el sujeto que recibe pasivamente la información, para convertirse en un individuo que selecciona, asimila, procesa, interpreta y construye significados. Por ello, uno de los objetivos de la pedagogía de la ciencia es estimular a los estudiantes para superar los obstáculos en la construcción de su propio conocimiento (Gagliardi, 1988). Esto significa abandonar el estilo de enseñanza basado en la repetición de información que el alumno no puede comprender, para generar estrategias y definir contenidos que posibiliten al estudiante realizar un trabajo cognitivo que le permita superar los obstáculos del aprendizaje (Gagliardi y Giordan, 1986; Gagliardi, 1988).

Gagliardi señala además que existen tres tipos de obstáculos en el aprendizaje de las ciencias:

- a) Los derivados del desarrollo de la inteligencia (obstáculos lógicos);
- b) los producidos por problemas afectivos o psicológicos (rechazo a la clase, desvaloración del alumno, tabúes, etcétera);
- c) los provenientes de la estructura del sistema cognitivo (obstáculos epistemológicos).

Así, la capacidad para construir un nuevo conocimiento resulta de la influencia de estos tres tipos de obstáculos, los cuales están íntimamente relacionados. Sin embargo, Gagliardi señala que al tratar específicamente los obstáculos epistemológicos puede llevarse a cabo la modificación de los otros dos. Esto es posible debido a que la transformación cognitiva del alumno (que implica una transformación en su estructura lógica) puede estimular su autoestima, y con ello favorecer la superación de múltiples obstáculos afectivos.

Determinar los obstáculos epistemológicos es uno de los aspectos fundamentales en la transformación de la enseñanza de las ciencias, ya que se parte de la perspectiva de la construcción del conocimiento y no de la memorización de la información. De esta manera, la determinación de los principales obstáculos epistemológicos significa la posibilidad de conocer la transformación conceptual de los alumnos para poder establecer currícula más flexibles, que puedan ser modificados en función del tiempo empleado en la superación de los obstáculos más importantes (Gagliardi, 1988).

En este contexto, la historia de la ciencia puede jugar un papel muy importante, ya que su empleo posibilita la comprensión de los principales conceptos y teorías que conforman una disciplina, así como el conocimiento de cuáles han sido los principales obstáculos que han determinado su evolución. Esto no significa que exista un paralelismo entre la historia de la ciencia y el desarrollo de la inteligencia y del conocimiento

individual. Sin embargo, el conocimiento de los obstáculos y trabas que ocurrieron en el desarrollo social de ciertos conocimientos puede ser muy útil para comprender las dificultades del aprendizaje de los alumnos (Gagliardi y Giordan, 1986; Gagliardi, 1988).

Conceptos estructurantes

A partir de lo anterior, Gagliardi y Giordan proponen la noción de conceptos estructurantes. Para estos autores, dichos conceptos, una vez que han sido construidos por el estudiante, determinan la transformación de su sistema conceptual, lo que favorece su aprendizaje. Es decir, los conceptos estructurantes permiten superar obstáculos epistemológicos (Gagliardi y Giordan, 1986). El análisis de los obstáculos epistemológicos y de su superación permitirá conocer cuáles fueron los conceptos estructurantes que entraron en juego (Gagliardi y Giordan, 1986).

De acuerdo con estos autores, la definición de los conceptos estructurantes puede llevarse a cabo por diferentes medios: el análisis de las representaciones sociales, el análisis de los momentos de transformación de una ciencia y el análisis de las teorías científicas actuales.

Si mediante la historia de la ciencia es posible definir los conceptos estructurantes presentes en los momentos de profunda transformación de una ciencia, conocerlos puede constituir una forma de determinar éstos en la enseñanza. En el caso de la biología, por ejemplo, saber cuáles fueron los nuevos conceptos ligados al desarrollo de esta disciplina, puede ayudarnos a definir cuáles son las nociones que los alumnos deben construir para comprenderla. Así, si la biología se desarrolló a partir de la definición de un concepto determinado (especie, adaptación, mutación, etcétera), entonces es posible suponer que dicho concepto puede facilitar su aprendizaje. Si una noción sirvió históricamente para superar un obstáculo epistemológico, puede servir también para superar los obstáculos epistemológicos de los estudiantes (Gagliardi y Giordan, 1986).

Una enseñanza basada en los conceptos estructurantes reduce los temas a instruir y se centra en el desarrollo de las capacidades de los alumnos. De esta forma, son a la vez medios para superar los obstáculos epistemológicos y representan una base sólida para continuar aprendiendo (Gagliardi y Giordan, 1986).

Consideraciones finales

Lo planteado en este documento muestra las bondades que ofrece un enfoque histórico en la enseñanza. Sin embargo, debemos estar conscientes de que la historia de la ciencia no va a resolver toda la problemática que implica la adecuada formación de los científicos. Indudablemente son muchos los aspectos que deben considerarse para lograr tal propósito. Los estudiantes, ante todo, deben comprender las teorías actuales y manejar las metodologías que favorezcan su desempeño científico y profesional. Pero no debemos soslayar que también es indispensable que comprendan lo que es la ciencia, cómo se construye, y que reflexionen sobre el papel que los científicos juegan en la sociedad.

Sabemos también las dificultades que implica la puesta en práctica de muchos de estos planteamientos (formación de los profesores, condiciones laborales, políticas educativas y científicas, presupuesto, etcétera). Sin embargo, constituyen puntos de partida que pueden ayudar a construir una nueva pedagogía de la ciencia que ofrezca una visión más amplia y real del quehacer científico.

Cuando se habla de analizar el papel de la historia de la ciencia en la formación de los científicos, la principal intención no es sólo mostrar las bondades de la historia como recurso didáctico; se pretende resaltar la importancia de que todo científico -con mayor razón aquel que se dedica a la docencia- comprenda lo que es la ciencia y cómo se construye. Esto implica replantear las concepciones de ciencia, del método científico, de la verdad y el progreso de la ciencia, que subyacen en la enseñanza tradicional permeada por el positivismo, para promover una nueva filosofía de la educación, que haga más coherente la relación entre la ciencia que se hace y la que se enseña.

En este contexto, la formación de los científicos deberá centrarse en favorecer la visión de la evolución de los sistemas conceptuales que le posibilite un mejor conocimiento; esto no significa que los contenidos de

aprendizaje tomen un papel secundario, sino que sean ubicados en un nuevo enfoque de enseñanza, que involucre una visión histórica de la ciencia, tanto de los aspectos meramente científicos como de los sociales, políticos e ideológicos.

BIBLIOGRAFÍA

BENSAUDE-Vincent B.

1982. «Paul Langevin: un alegato en favor de la historia de la ciencias», en: Mundo Científico, 22 (3): 184-186.

GAGLIARDI, R. y GIORDAN A.

1986. «La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza», en: Enseñanza de las Ciencias, 4 (3): 253-258.

GAGLIARDI, R.

1988. «Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias», en: Enseñanza de las Ciencias, 6 (3): 291-296.

GIL, D. y PESSOA, A.

1992. «Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado en ciencias», I Taller Subregional sobre formación y capacitación docente en matemáticas y ciencias.

GIL, D.

1986. «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas», en: Enseñanza de las Ciencias, 4 (2): 111-121.

GIORDAN, A.

1987. «Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje», en: Enseñanza de la Ciencias, 5 (2): 105-110.

GIORDAN, A.

1982. La enseñanza de las ciencias, Madrid. Ed. Siglo XXI: 221.

HERNANDEZ C.

1992. La historia como una alternativa a la enseñanza de la biología a nivel Superior. I Taller Iberoamericano sobre la Enseñanza de las Ciencias Biológicas en la Educación Superior. La Habana, Cuba.

HERNANDEZ, C. et al.

1993. «La enseñanza de la ciencia y sus implicaciones epistemológicas, históricas y cognoscitivas». II Conferencia Internacional para profesores de Ciencias NSTA-OEA. Oaxtepec, Mor. México.

HERNANDEZ, C.

1995. El papel de la historia de la ciencia en la formación del biólogo. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.

JIMÉNEZ M. y J. FERNANDEZ

1987. «El 'desconocido' artículo de Mendel y su empleo en el aula», en: Enseñanza de las Ciencias, 5 (3): 39-246.

KUHN, T.

1982. La estructura de las revoluciones científicas. México. FCE: 319.

1986. «History and philosophy of science with special reference to biology: what can it offer teachers? », en: Journal of Biological Education, 20 (3):195-200.

MATTHEWS, M.

1989. «A role for history and philosophy in science teaching», en: Interchange, 20 (2): 3-15.

- MENDOZA, E.
1992. «La construcción del conocimiento en la investigación educativa de la enseñanza de la ciencia», UNAM, CISE, mecanografiado.
-----y A. ROJO
1992. «La investigación educativa en la construcción del conocimiento en la enseñanza de la ciencia», UNAM, CISE, mecanografiado.
- MORENO, M.
1986. «Ciencia y construcción del pensamiento», en: Enseñanza de las Ciencias, 4 (1): 57-63.
- NOVAK, J.
1982. Teoría y Práctica de la Educación. Madrid. Alianza Editorial: 275.
- OTERO, J.
1986. «La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar», mecanografiado.
- PEÑALVER, C.
1988. «El pensamiento sistémico: del constructivismo a la complejidad», en: Investigación en la Escuela, 5: 11-16.
- POLO, C. F. y J. A. LOPEZ
1987. «Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo», en: Enseñanza de las Ciencias, 5 (2): 149-156.
- RUIZ, R.
1993. «La metodología de la investigación científica y la enseñanza de la ciencia», II Conferencia Internacional para profesores de Ciencias NSTA-OEA. Oaxtepec, Mor. México.
-----y C. Hernández et al.
1993. «La enseñanza de la ciencia: una aproximación histórico-filosófica». II Conferencia Internacional para profesores de Ciencias NSTA-OEA. Oaxtepec, Mor. México.
- SUAREZ, L.
1993. «Metodología de la enseñanza de la Ciencias», en: Perfiles Educativos, 62: 31-37.
-----y C. HERNANDEZ et al.
1993. «La historia de la ciencia: estrategia de enseñanza de la biología en el bachillerato». II Conferencia Internacional para profesores de Ciencias NSTA-OEA. Oaxtepec, Mor., México.
- WINCHESTER, I. 1989. «Editorial-History, Science, and Science Teaching», en: Interchange, 20 (2): i-vi.