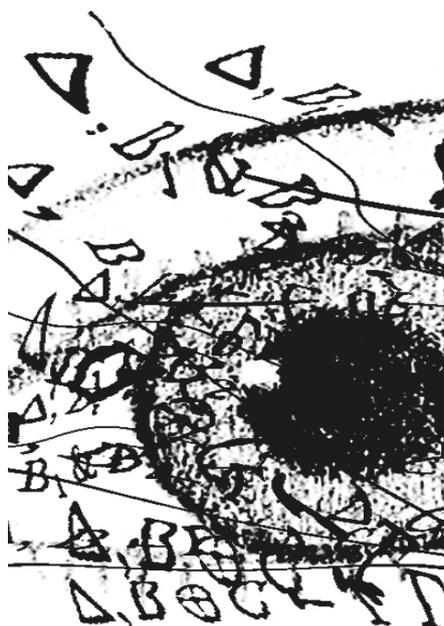


Visiones deformadas

de la ciencia y la enseñanza-aprendizaje de conceptos científicos
Crítica a prólogos de textos-guía de comunicaciones electrónicas digitales



Hernán Paz Penagos

Estudiante de doctorado en Educación, énfasis: educación en ciencias, línea de investigación: Resolución de Problemas; Programa presencial interinstitucional entre las Universidades Pedagógica Nacional, Distrital Francisco José de Caldas y Del Valle. Magíster en Teleinformática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniero Electricista, Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Filósofo, Universidad Santo Tomás de Aquino. Docente del área de comunicaciones, facultad de ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito".
hpaz@escuelaing.edu.co.

Recepción: 07 de septiembre de 2007 | Aceptación: 14 de enero de 2008

Resumen

Algunas visiones de la ciencia —descontextualizada; individualista y elitista; empírico-inductivista y atórica; rígida, algorítmica e infalible; apblemática y ahistórica; exclusivamente analítica; acumulativa y de crecimiento lineal— son deformaciones tratadas ampliamente en la literatura² y fueron analizadas como fruto de la reflexión (auto)

¹ Numerosas investigaciones recogidas en la literatura confirman la extensión de esta imagen distorsionada y empobrecida de la ciencia y la tecnología, así como la necesidad de superarla para hacer posible una educación científica susceptible de interesar a los estudiantes y de facilitar su inmersión en una cultura científica.

crítica de los grupos de trabajo en el seminario de doctorado “Visiones deformadas de la ciencia y la enseñanza-Aprendizaje de Conceptos Científicos” orientado por Carlos Furió. Se trata también de las deformaciones que se observaron, analizaron y correlacionaron en los prólogos de los textos guía de comunicaciones electrónicas digitales, que son reflejo en la docencia habitual, y que son resumidos en el presente artículo.

Palabras Clave

Visión
Ciencia
Deformación
Enseñanza
Ingeniería

Distorted views about science and teaching/learning of scientific concepts. A critic of forewords in digital communications

Abstract

Some views on science (unconcerned of the context, individualistic-inductivistic and non theory-based; rigid, algorithmic and infallible; non problematic and non historical; exclusively analytic; accumulative and with linear growth) are distortions widely explored in academic literature and were analyzed as a result of the critical (self) reflection of work groups conformed in the doctorate seminar on “Distorted views of science and the teaching-learning of scientific concepts”, held by Carlos Furió. A summary of distortions observed in the forewords of textbooks of digital communications which were analyzed and correlated and which reflect common teaching practices, is presented in this article.

Key words

Views
Science
Distortion
Teaching
Engineering

1. Las ciencias básicas en el contexto de la enseñanza de la ingeniería electrónica



Una parte muy importante de la educación formal de la ingeniería electrónica es la relativa a las ciencias básicas, principalmente físicas y matemáticas, como lo indica el número de asignaturas sobre estas áreas que figuran en todos los planes de estudio. Para diseñar dispositivos, crearlos, mejorarlos u optimizar procesos, el ingeniero electrónico debe tener un conocimiento fundamental de las leyes del movimiento, de la estructura de la materia, del comportamiento de los fluidos, de la transformación de la energía y de muchos otros fenómenos del mundo físico.

Los estudios de ciencias básicas en ingeniería electrónica son el medio eficaz para la predicción

y un lenguaje conciso y universalmente comprendido para la comunicación; tienen como objetivo desarrollar en el estudiante la capacidad para crear y aplicar modelos físico- matemáticos de los problemas de la ingeniería acorde con los progresos científicos y técnicos. Así, los estudios de la física y las matemáticas deben abarcar al menos la tercera parte del tiempo en los cinco primeros semestres de la carrera.

Sin embargo, el estudio de las áreas de ciencias básicas continúa alejado de la realidad y de los valores sociales, y transmite a profesores y estudiantes una imagen deformada de la ciencia. Porlán y Rivero (1998, 45) refieren los resultados obtenidos por Del Pozo (1994) con 24 estudiantes de magisterio, de los cuales destacan la visión de los contenidos curriculares como conjunto acumulativo y fragmentario de conocimientos y una metodología dualista que juxtapone actividades

de observación y explicación para garantizar el aprendizaje y la comprobación final escrita del aprendizaje.

El enfoque y contenido de los estudios de ciencias básicas para ingeniería electrónica consideran las actividades prácticas como un complemento de la teoría; las actividades problémicas tienen un carácter, por lo general, cuantitativo, reservándose para su resolución la aplicación de ecuaciones, la incorporación de los datos, la realización de los cálculos matemáticos y obtención de la solución; no se relacionan los conceptos con la historia de su desarrollo, y se refieren a situaciones descontextualizadas para cuya resolución han de aplicar algoritmos.

En algunos escenarios, la ingeniería es considerada subproducto de la ciencia, un proceso simple de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de dispositivos. De hecho, la tecnología ha sido

vista tradicionalmente como una actividad de menor

estatus que la ciencia “pura” (Acevedo, 1994;

Cajas, 1999 y 2001; De Vries, 1996),

por más que ello haya sido

rebatido por epistemólogos

como Bunge (1976

y 1997). Tal concepción

refuerza el

carácter neutral de

la ciencia y del binomio

ciencia-tecnología, ajenos

a intereses y conflictos

sociales; basta reflexionar

brevemente sobre el desarrollo

histórico de ambas

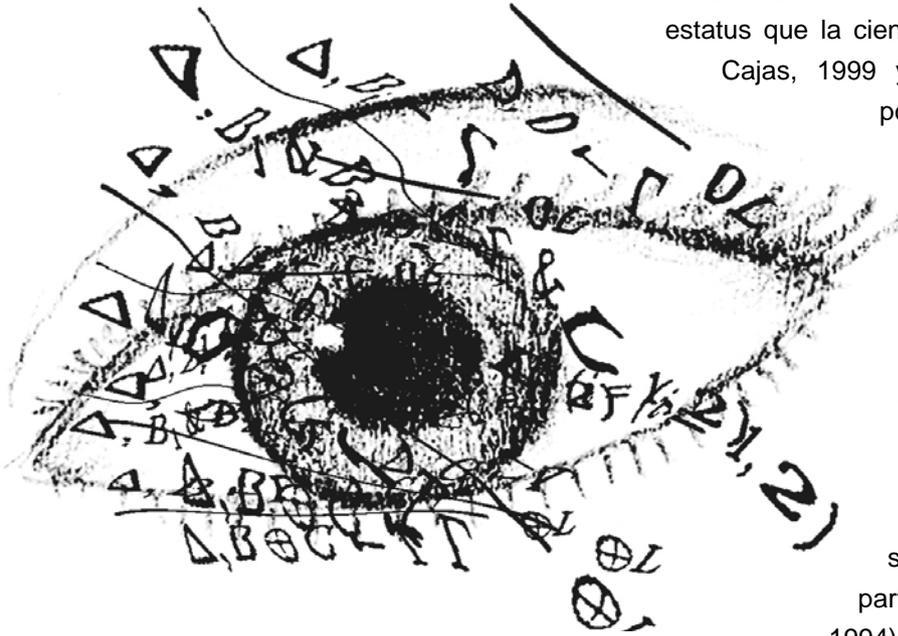
partes de ese binomio (Gardner,

1994) para comprender que la

actividad técnica ha precedido en miles de años

a la ciencia, que la construcción del conocimiento científico siempre ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología².

El conocimiento de las ciencias básicas no es suficiente. Si el ingeniero electrónico ha de resolver problemas reales, debe estudiar ciencias



² Por ejemplo, para someter a prueba las hipótesis que focalizan una investigación estamos obligados a construir diseños experimentales; y hablar de diseños es ya utilizar un lenguaje tecnológico.

aplicadas³ y un cuerpo codificado de conocimientos prácticos. Cuando se está enfermo no se desea ser atendido por un hombre cuya única cualidad sea un conocimiento de la fisiología y la química básicas. Lo mismo sucede con la ingeniería electrónica; hay un gran paso entre los principios teóricos de las ciencias básicas y los dispositivos reales-útiles. La educación formal del ingeniero electrónico cubre conocimientos científicos y también conocimientos tecnológicos aplicados. Por tanto, una vez se familiarice a los estudiantes con las ciencias del ciclo básico, se les conduce a través de una serie de cursos específicos hacia la aplicación y profundización del conocimiento.

Los estudios específicos en ingeniería electrónica, según la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (Acofi, 1996), se dividen en dos: área básica de Ingeniería y área aplicada. La asignatura Comunicaciones Electrónicas Digitales, en el contexto de la enseñanza de la ingeniería electrónica, hace parte del área de ingeniería aplicada, y tiene como objetivo desarrollar destrezas en el estudiante en la representación por modelos, la aplicación de las computadoras, el diseño, la creación y la optimización de sistemas de comunicaciones que solucionen problemas reales del sector.

2. Perspectiva tradicional de la ciencia: una visión extendida en los profesores de ingeniería

Primero examinemos la concepción de ciencia. Robardet y Johsua (1997) destacan la concepción naturalista de ciencia como la más frecuente en el profesorado, poseedora de una doble certidumbre: la ciencia ha sido construida por métodos inductivos y la experiencia primera es afectada por la observación de la realidad. Ciencia es un cuerpo de conocimientos que se obtiene por búsqueda incesante y el aprendizaje de los alumnos se da en la medida que manipulen instrumentos experimentales.

³ Ciencia Aplicada: es el cuerpo de conocimientos relativos a "dónde" y a "cómo" aplicar los principios de la ciencia.

Las teorías de las ciencias básicas (física y matemáticas) sobre el conocimiento, son cuatro: conocimiento como producto acabado y formal, como producto acabado a través de proceso técnico, conocimiento como producto abierto a través de proceso espontáneo y como producto abierto por proceso complejo, predominando la creencia del conocimiento científico como producto acabado y formal.

Los profesores de ingeniería, conciente o inconscientemente, consideran que el conocimiento científico procede de la observación, la experimentación o la razón según se trate de cualquiera de sus principales tendencias: inductivismo⁴, empirismo⁵ y racionalismo lógico⁶. Porlán y Rivero (1998, 57) han puesto en evidencia las concepciones empíricas ingenuas de la mayoría del profesorado investigado y destacan como preponderantes el racionalismo y el absolutismo epistemológico sobre la ciencia y la prevalencia

⁴ El inductivismo parte de la objetividad de la observación y del razonamiento. La ciencia parte, por consiguiente, de enunciados observacionales eludiendo la teoría que precede y determina a la observación. El contraste entre el inductivismo y el constructivismo es evidente, pues para éste la ciencia empieza con teorías que preceden a los enunciados observacionales. Conocemos sobre un conocimiento anterior, asegura Bachelard (1978), por lo cual los enunciados que resultan de las observaciones están influidos por la teoría. En el *Novum organum* de Francisco Bacon, para el empirismo, y en el *Discurso del método* de Rene Descartes y la *Crítica de la Razón pura* de Emmanuel Kant para el racionalismo, se encuentran los principales referentes clásicos de estas escuelas de pensamiento.

⁵ Para los empiristas, la percepción es la fuente y prueba última del conocimiento, la experiencia es la única fuente del conocimiento, y las teorías se formulan a partir de la inferencia inductiva. Asume, por tanto, que la mente humana es una *tabula rasa* en la que se escribe la experiencia. Los empiristas lógicos enfatizan el análisis lógico y lingüístico y reducen las ciencias a sistemas hipotético-deductivos, destacando la coherencia interna y la correspondencia entre las construcciones formales y los hechos en sí.

⁶ El racionalismo lleva a formular la actividad didáctica obviando la influencia cognitiva en la observación, ubicando la lógica del saber en la observación objetiva o bien en la estructura formal de sus teorías. El racionalismo parte del poder absoluto de la razón para determinar el conocimiento verdadero. En su etapa de positivismo lógico iniciado por el Círculo de Viena en 1929, aplicó a la ciencia los métodos del análisis lógico. El positivismo actual sigue presentando una imagen de la ciencia cargada de eficiencia a toda prueba (Bernal, 1960), la considera como un sistema autónomo aislado del mundo, un conocimiento intrínseco, puro y absoluto.

del empirismo sobre el relativismo. Estas visiones tradicionales actúan como verdaderos obstáculos epistemológicos, que con facilidad mediatizan sus actuaciones en el aula, por lo que aún tomando conciencia de su insuficiencia, el profesorado se resiste a cambiarlas.

Para Furió, Iturbe y Reyes (1992) el autoritarismo en la educación científica es una característica del positivismo lógico hegemónico del siglo XX, ideología cuentista resistente al criticismo y a aceptar el nuevo enfoque de la filosofía de la ciencia. Como consecuencia, el profesorado suele expresar una imagen positivista de la ciencia sobre la base de su visión inductiva y superficial del método científico y la concepción objetivista del proceso científico (Porlán *et al.*, 1997). Así mismo, se reconoce una relación positiva entre la idea de ciencia y la forma de enseñar.

Lemke (1997) explica que los profesores alejan a sus alumnos de la ciencia al convencerlos que los expertos son quienes saben hablar científicamente, y que son más inteligentes que ellos; al no enseñar a los estudiantes a hablar científicamente, fomentan el reinado de expertos y una alienación de la ciencia, una sensación de inferioridad y, a la larga, de temor y odio a este poderoso desconocido. Para Porlán y Rivero (1998, 75), la idea de un conocimiento racional y formal en los profesores se presenta con la creencia paralela de que en los científicos no se producen emociones e intuiciones.

Los modelos didácticos utilizados en la enseñanza suelen ser: el tradicional, el tecnológico y el alternativo; y en coherencia con ello, las perspectivas correspondientes sobre el aprendizaje son: de apropiación de significados, de asimilación de significados y de construcción de significados.

Los métodos de enseñanza de las ciencias en ingeniería,⁷ que habitualmente han sido transmitidos a los docentes y que éstos a su vez reproducen, son portadores de profundas contradicciones, y

⁷ Que deberían inspirarse en el trabajo de los científicos, en sus métodos y en la práctica.

muestran abiertas diferencias y contraposiciones con el espíritu científico (Bachelard, 1978). Esta realidad, en buena parte, aparece influenciada con el grado de transposición didáctica (Chevallard; Bosch y Gascón, 1997) y con la vinculación que guarda este proceso con la perspectiva de la ciencia escolar (Izquierdo *et al.*, 1999, 26). Con esta lógica, la ciencia camina sobre las bases seguras a partir de la observación y la experimentación como fundamentos de un método científico del que siempre se derivan teorías fiables. Esta visión sirve a los propósitos de una doble dominación (Giordan, 1994): uno de tipo tecnológico, en cuanto el conocimiento científico se distribuye en forma desigual y no democrática; y otro de carácter tecnocrático, en tanto evidencia una fuerte jerarquización del saber científico.

Porlán *et al.* (1997) advierten tres tendencias en la enseñanza de las ciencias: una basada en el dominio de contenidos y sustentada en una visión de ciencia como acumulación de datos-conceptos y teorías a enseñar; otra orientada al descubrimiento del conocimiento por la indagación con base en los procesos metodológicos eficientes de la ciencia, y la tercera vinculada al cambio conceptual. Parecen coexistir en el profesorado rasgos de varios modelos sobre la enseñanza de las ciencias con matices hasta contradictorios. Los enfoques sobre las ciencias se presentan muy relacionados con los del aprendizaje, aunque no se da necesariamente un isomorfismo entre ellos. Gil; Vilches; Astaburuaga y Edwards (2000) son del criterio que los profesores no comparten el significado científico de los temas que enseñan, cometen errores conceptuales, incluyen contenidos distintos con secuencias diferentes según los libros de texto, y no enseñan todos los contenidos con igual vehemencia por creer que los más difíciles son los más importantes.

En resumen:

- Es imprescindible formar a los docentes de ciencias desde un enfoque epistemológico actualizado de la ciencia y con una visión coherente de su enseñanza.

- Las creencias del profesorado sobre la ciencia representan un punto de partida necesario para la formación didáctica, en tanto que las mismas son un obstáculo que con facilidad mediatiza sus actuaciones en el aula.
- Es necesario que los profesores conozcan las perspectivas históricas del inductivismo, el deductivismo, el positivismo, el convencionalismo y el constructivismo, para que comprendan su efecto sobre las concepciones de los científicos y en sus clases.
- En general, es acertado lo planteado por Porlán y Rivero (1998, 86) y otros autores, en el sentido de que el cambio de concepciones sobre la enseñanza de la ciencia tiene una doble naturaleza implícita y explícita que hace más complejo el tratamiento de las creencias sobre la enseñanza de las ciencias, pues tocan con la conciencia y la inconciencia; mientras unas ideas están en la conciencia del profesorado, otras actúan en forma inconsciente a través del conjunto de valores, sentimientos, pensamientos y acciones. Ello proporciona mayor relieve a la metacognición y la autorregulación como estrategias capaces de acercar a la comprensión personal de estos dos ámbitos.

3. Visiones deformadas de la ciencia

Concepción individualista y elitista: a menudo se insiste explícitamente en que el trabajo científico es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos y, muy en particular, de las alumnas, con claras discriminaciones de naturaleza social y de género: la ciencia es presentada como una actividad eminentemente “masculina”. No se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia accesible (comenzando con tratamientos cualitativos, significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores. Se contribuye a este elitismo escondiendo la significación de los conocimientos tras presentaciones exclusivamente operativistas. Los conocimientos aparecen como

verdades definitivas, neutrales; los científicos como objetivos, sin posibilidad de sesgos, con la práctica de un método poderoso; un conocimiento científico inaccesible para la comprensión del educando. Campanario y Moya (1999) también han constatado que los planes de estudio y los libros de texto sacrifican los aspectos metacientíficos en beneficio de los contenidos serios.

Concepción empiro-inductivista y ateórica: defiende el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso. Hay que insistir en el rechazo generalizado de lo que Piaget (1970) denomina “el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos”, es decir, en el rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de “datos puros”. Esos datos no tienen sentido en sí mismos, sino que requieren ser interpretados de acuerdo con un sistema teórico. Así, por ejemplo, cuando se utiliza un amperímetro no se observa la intensidad de una corriente, sino la simple desviación de una aguja (Bunge, 1980).

Visión de la ciencia rígida, algorítmica e infalible: la concepción algorítmica, como la empiro-inductivista, en la que se apoya, puede mantenerse en la medida en que el conocimiento científico se transmite en forma acabada para su simple recepción, sin que, ni los estudiantes ni los profesores, tengan ocasión de constatar prácticamente las limitaciones de esta metodología. Se ha comprobado que la experiencia docente desarrolla mayores habilidades en los profesores en el dominio y manejo de la información científica y en la algoritmización de la resolución de problemas, no así en el desarrollo de estrategias de resolución. La enseñanza y los estilos de evaluación vuelven aún más resistente esta concepción (González; Caballero; Olivares; Santiesteban y Serrano, 1998; Gil, 1993 y Gil *et al.*, 1991), al insistir en algoritmos y pasos mecánicos y no en mecanismos cognitivos y metacognitivos.

Visión de la ciencia aproblemática y ahistórica (ergo acabada y dogmática): el hecho de transmitir conocimientos ya elaborados conduce muy a menudo a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendían resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc., y, más aún, a no tener en cuenta las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. La formación en estrategias para la toma de iniciativas, el desarrollo de la creatividad en quienes aprenden a lo largo de toda la vida a resolver situaciones problémicas inesperadas, a familiarizarse con los problemas habituales de la tecnología, la alfabetización científica y especialmente la manera de enfrentar los problemas típicos del conocimiento científico: estas y otras razones plantean nuevos desafíos a la formación de ingenieros para Colombia.

Concepción exclusivamente analítica: está asociada a una incorrecta apreciación del papel del análisis en el proceso científico. Una característica esencial de una aproximación científica es la voluntad explícita de simplificación y de control riguroso en condiciones preestablecidas, lo que introduce elementos de artificialidad indudables, que no deben ser ignorados ni ocultados: los científicos deciden abordar problemas resolubles y comienzan, para ello, ignorando consciente y voluntariamente muchas de las características de las situaciones estudiadas, lo que evidentemente les “aleja” de la realidad; y continúan alejándose mediante lo que, sin duda, hay que considerar la esencia del trabajo científico: la invención de hipótesis y modelos. El trabajo científico exige, pues, tratamientos analíticos y simplificadorios.

La historia del pensamiento científico es una constante confirmación de que los avances tienen lugar profundizando en el conocimiento de la realidad en campos definidos, acotados; es esta profundización inicial la que permite llegar posteriormente a establecer lazos entre campos aparentemente desligados (Gil *et al.*, 1991).

Visión de la ciencia acumulativa y de crecimiento lineal: consiste en presentar el desarrollo

científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo; Sanmartí y Espinet, 1999), ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos. La visión acumulativa es una interpretación simplista de la evolución de los conocimientos científicos a lo largo del tiempo, como fruto del conjunto de investigaciones realizadas en determinado campo. Esta deformación es complementaria de la visión rígida, algorítmica e infalible.

4. Análisis crítico de las visiones deformadas de la ciencia contenidas en los prólogos de cinco textos guías de comunicaciones electrónicas digitales

4.1 Stremler, Ferrel G. (1989). *Sistemas de comunicaciones*. Mexico: Alfaomega, Fondo Educativo Interamericano, pp. vii-x. ISSB: 968-50-0009-3.

Es fácil constatar que el prólogo del libro *Sistemas de Comunicaciones* de Stremler incide directa e indirectamente en las siguientes visiones deformadas:

- Acumulativa y de crecimiento lineal: esta visión deformada de la ciencia se observa en los siguientes apartados: la nueva edición del libro es un agregado de material y la ampliación de algunos temas; la recomendación al usuario de cumplir con algunos prerrequisitos (cálculo integral, análisis de circuitos y análisis de sistemas lineales) para abordar con facilidad los temas de estudio propuestos; no se hace ninguna mención de cómo la ampliación (nuevos “descubrimientos”) de algunos temas, afectan al cuerpo de conocimientos.
- Rígida, algorítmica e infalible: en las siguientes frases presentes en el prólogo del libro se identifica esta visión deformada de la ciencia: “las sesiones prácticas muestran cómo se

utilizan los conceptos”; “la presentación del material básico sin el estudio de las probabilidades contribuye a mantener el acento en el diseño y modulación de señales”; nada se dice, por ejemplo, de posibles revisiones y replanteamientos de algunos temas que se trataron en la primera edición de este libro. Así mismo, se propone el programa como un conjunto de capítulos a seguir correlativamente, resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., y olvidando todo lo que significa invención, creatividad, duda, etc.

Es preciso reconocer que el carácter tentativo de la actividad científica se traduce en dudas sistemáticas, en replanteamientos, búsqueda de nuevas vías, etc., que muestran el papel esencial de la invención y la creatividad, contra toda idea de método riguroso, algorítmico. Y, si bien la obtención de datos experimentales en condiciones definidas y controladas (en las que la dimensión tecnológica juega un papel esencial) ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel, que sólo cobra sentido con relación a las hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto.

La visión rígida, algorítmica e infalible de la ciencia refuerza una interpretación acumulativa y lineal del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas.

- Exclusivamente analítica: el enfoque del libro se orienta hacia un acucioso desarrollo de los principios matemáticos; cálculos de señal a ruido; uso de la notación compleja y la interpretación en términos de fasores y representaciones espectrales; el capítulo 10 termina con las representaciones geométricas de ondas digitales; no se plantea la vinculación del tema abordado a otros campos de la ingeniería electrónica, ni la conveniencia de un tratamiento interdisciplinario.
- Descontextualizada: en el prólogo de este libro se destaca el diseño y la modulación de señales, no se dice nada acerca del posible

interés y relevancia de la investigación en nuevas estrategias de comunicación electrónica y en sus posibles repercusiones. El lugar de trabajo del autor, la academia, parece una torre de marfil absolutamente aislada. Este tratamiento descontextualizado refleja una falta de clarificación de las relaciones entre ciencia y tecnología.

- Individualista y elitista: el libro está destinado a alumnos de licenciatura; durante varios semestres, el contenido de los capítulos se ha utilizado para un curso de un semestre en la universidad de Wisconsin en Madison en el nivel tercero-cuarto de Ingeniería Eléctrica; según el prólogo, este libro, guía de comunicaciones electrónicas digitales, se presta para una instrucción autodidacta o dirigida individualmente; representa un único editor⁸, varón. Se obvia la complejidad del trabajo científico-tecnológico que exige la integración de diferentes clases de conocimientos, difícilmente asumibles por una única persona.

La visión individualista y elitista de la ciencia apoya implícitamente la idea empirista de “descubrimiento” y contribuye a una lectura descontextualizada, socialmente neutra, de la actividad científica.

- Aproblemática y ahistórica: no se indica que se esté investigando algún problema o que se estén estudiando otras técnicas de modulación para el diseño de nuevos sistemas de comunicación. Una visión aproblemática y ahistórica de la asignatura que se enseña hace posible las concepciones simplistas acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Pensemos que si toda investigación responde a problemas, a menudo, estos tienen una vinculación directa con necesidades humanas y, por tanto, con la búsqueda de soluciones adecuadas para problemas tecnológicos previos.

⁸ Se minusvalora la aportación de técnicos, maestros de taller, etc., quienes a menudo han jugado un papel esencial en el desarrollo científico-tecnológico.

La presentación de los problemas de ciencias asociados a problemas reales asegura que los conocimientos se inserten siempre en el contexto en que fueron aprendidos, la puesta en acción de conocimientos y estrategias supere el discurso teórico, y que el alumno pueda observar e interactuar con sus pares. La demanda del problema está constituida por el máximo número de recursos y procesos mentales que son activados para resolver exitosamente una tarea.

- Empiro-inductivista y atórica: su actividad parece reducirse a la observación, al desarrollo matemático y la experimentación en busca del descubrimiento. Poco más puede decirse de lo que aparece en el prólogo, pero sí de las ausencias, que vienen a incidir, por omisión, en otras visiones deformadas.

4.2 Couch II, León W. (1998). *Sistemas de comunicación digitales y análogos*. (5^o ed.). México: Prentice-Hall, pp. xix-xxii. ISBN: 970-17-0210-7

No es difícil detectar las distorsiones y empobrecimientos típicos en el libro *Sistemas de comunicación digitales y análogos* de León W. Couch II: desde el carácter exclusivamente analítico, en el que no se “establecen ‘puentes’ con otros campos de la ciencia, a la visión acumulativa y de crecimiento lineal; aunque, al menos, se opone (combate) la visión descontextualizada⁹, socialmente neutra, de la ciencia”.

Una lectura cuidadosa del prólogo de este texto guía permite constatar cómo el autor ha evitado incurrir, por acción u omisión, en los reduccionismos y distorsiones típicos de carácter “neutral” de la ciencia. También se puede ver cómo sale al paso de visiones individualistas y elitistas con los intercambios entre equipos, las referencias

⁹ La visión descontextualizada de la ciencia olvida dimensiones esenciales de la actividad científica y tecnológica, como su impacto en el medio natural y social o los intereses e influencias de la sociedad en su desarrollo (Hodson, 1994, 305).

a “estudiantes de ingeniería de segundo y tercer año”, a la posibilidad de tomar el texto guía como referencia técnica para ingenieros electricistas practicantes y como curso introductorio de posgrado. Y, por citar otros ejemplos, se evita transmitir una visión puramente aproblemática y ahistórica señalando aspectos prácticos de las comunicaciones electrónicas desarrollados a partir de una base teórica adecuada y al tratamiento más actualizado de los sistemas de comunicación digitales y analógicos.

4.3 Schwartz, Mischa (1983). *Transmisión de Información, modulación y ruido*. (3^o ed.). México: McGraw-Hill, pp. xiii-xv. ISBN: 968-451-364-X

Siguiendo el prólogo del libro de Mischa Schwartz, las actividades básicas de la enseñanza-aprendizaje de las comunicaciones electrónicas digitales son:

- Repaso de algunos temas.
- Acumulación de información teórica mediante la instrucción, y de conocimientos prácticos mediante la simulación.
- Comprensión y profundización de esta información.
- Evaluación del desempeño de los sistemas de comunicaciones en presencia de ruido.
- Aplicación de la información en sistemas comerciales actuales.

Para la realización de estas actividades no existe un orden prefijado, no hay un “método” que exija que se sigan estrictamente los pasos indicados. Curiosamente, cuando se trata de buscar una explicación, el material aparece gradualmente desde las ideas más simples hasta las más complejas. Una secuencia de observaciones cuidadosamente controladas suelen denominarse frecuentemente guía de la práctica de simulación o experimento de laboratorio; sin embargo, no da lugar a análisis y confrontación con otros resultados. En las simulaciones se controlan los resultados fácilmente con las condiciones iniciales del

problema; mientras que en el laboratorio, la práctica se circunscribe a limitaciones de los equipos, a las condiciones del recinto y a las habilidades del estudiante. Algunas prácticas escamotean a los alumnos toda la riqueza del trabajo experimental, puesto que presentan montajes ya elaborados para su simple manejo siguiendo guías tipo “receta de cocina”.

4.4 Haykin, Simon (2002). *Sistemas de comunicación*. México: Limusa, grupo Noriega Editores, pp. vii-xi. ISBN: 968-18-6307-0.

Se puede empezar señalando que el prólogo de este texto intenta evitar una visión aproblemática y ahistórica de las comunicaciones electrónicas digitales; sin embargo, incide directamente en una concepción acumulativa y de crecimiento lineal cuando señala: “dos cursos introductorios conducen a un curso avanzado de sistemas de comunicación, por lo que este libro se ha escrito considerando dicho antecedente y objetivo fundamental”; así mismo, incide frecuentemente y de manera indirecta en las visiones rígida, algorítmica e infalible, y exclusivamente analítica de la actividad científica; estas concepciones deformadas se identifican en los apartados: “El material se presenta en una secuencia lógica y se ilustra con ejemplos; el objetivo general es ayudar a que el estudiante desarrolle una comprensión intuitiva de la teoría” y “Un rasgo distintivo de este libro es la inclusión de ocho experimentos de computadora”, respectivamente. El material de análisis (prólogo) sale al paso de la visión des-contextualizada de la ciencia al hablar de “tratamiento moderno de las comunicaciones”, y de la visión empírico-inductivista y ateórica en la frase en la que se afirma que “El material introductorio motiva y prepara el camino para una exposición detallada de los sistemas de comunicaciones”; aunque no se cuestiona con claridad la visión individualista y elitista. En el resto de las visiones incide por omisión, puesto que no se menciona nada que permita evitar visiones aproblemáticas, exclusivamente analíticas o de crecimiento lineal y puramente acumulativo de los conocimientos científicos.

4.5 Tomasi, Wayne (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (4^o ed.). México: Pearson Educación, pp. v-vii. ISBN: 970-26-0316-1.

A través del análisis del prólogo de este libro se puede concluir que centra su contenido en la lógica de la ciencia sin conexión con las experiencias previas de los estudiantes; presenta los problemas como medio para que los estudiantes profundicen en los conceptos, intercalan ejercicios o problemas que sirven de modelización con todas las explicaciones que llevan a su solución, convirtiendo al problema en un modelo algorítmico a seguir y no en un proceso de búsqueda reflexiva. Se podría introducir, en cambio, un listado de situaciones problemáticas vinculadas con la realidad, de análisis cualitativo, que podrían ser acogidas con mayor interés por los profesores y alumnos.

Un esfuerzo explícito que podría hacer el autor para no incurrir en la visión acumulativa y de crecimiento lineal, es presentar las teorías de comunicaciones electrónicas digitales aceptadas, mostrando el proceso de su establecimiento, refiriéndose a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales y a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas “revoluciones científicas” (Kuhn, 1971).

A pesar de la importancia que tiene para la ingeniería la observación y la experimentación, en el prólogo de este libro se aboga por una enseñanza puramente libresco, de simple transmisión de conocimientos, sin apenas trabajo experimental real. Esta ausencia de trabajo experimental menoscaba la familiarización de los profesores con la dimensión tecnológica y, a su vez, refuerza la visión simplista sobre la relación ciencia-tecnología.

A partir de lo anterior, algunas de las correlaciones que se pueden establecer entre las visiones deformadas de la ciencia y tecnología, analizadas desde los prólogos de los textos guías, son:

- Las concepciones individualista y elitista —empírica, inductivista y ateórica—descon-

textualizada; así como las visiones rígida, algorítmica e infalible, acumulativa, de crecimiento lineal, aparecen asociadas entre sí como expresiones de una imagen ingenua de la ciencia que se ha ido decantando, pasando a ser socialmente aceptada.

- Tradicionalmente, en ingeniería, dada la circulación de la concepción de conocimiento científico como un saber objetivo, se ha sostenido que el profesor debe ser algo así como un instrumento neutral para la transmisión de los conocimientos y contenidos elaborados por la comunidad de expertos; esta concepción se deriva de la influencia de la psicología conductista que considera al hombre como un ser determinado por leyes independientes de su voluntad.
- Las concepciones de los textos guías seleccionados sobre la naturaleza de la ciencia y la construcción del conocimiento científico son expresión de una visión simplista, que los ingenieros aceptaríamos implícitamente debido a la falta de reflexión crítica y a una educación científica que se limita, a menudo, a una simple transmisión de conocimientos ya elaborados. Ello no solo deja en la sombra las características esenciales de la actividad científica y tecnológica, sino que contribuye a reforzar algunas deformaciones, como el supuesto carácter “exacto” (ergo dogmático) de la ciencia o la visión aproblemática. De este modo, la imagen de la ciencia que adquirimos los docentes no se diferenciaría significativamente de la que puede expresar cualquier ciudadano y resulta muy alejada de las concepciones actuales acerca de la naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento científico.
- Los procesos mecánicos que aplican los profesores inducen a los alumnos al operativismo, falta de comprensión y representación del problema, de planificación y de negociación de significados. Al presentar unos conocimientos ya elaborados, sin siquiera referirse a los problemas que están en su origen, se pierde de vista que, como afirma Bachelard (1938),

“todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema. Este olvido dificulta captar la racionalidad del proceso científico y hace que los conocimientos aparezcan como construcciones arbitrarias. Por otra parte, al no contemplar la evolución de los conocimientos, es decir, al no tener en cuenta la historia de las ciencias, se desconoce cuáles fueron sus dificultades, los obstáculos epistemológicos que fue preciso superar, lo que resulta fundamental para comprender las dificultades de los alumnos (Santiel y Viennot, 1985).

5. Nueva visión de la ciencia: superando visiones extremas, en búsqueda de una perspectiva más holística

La perspectiva tradicional ha dado paso a visiones más amplias con mayor poder explicativo y ajustadas a la realidad de la construcción del conocimiento científico.

Tres sujetos con sus propias lógicas pueden ser considerados en este proceso: el alumnado, el profesorado y el conocimiento científico. El primero participa desde una estructura cognitiva de conocimientos que pueden o no interactuar con lo que se le enseña. El aprendizaje de un saber no es un proceso lineal de acumulación, en forma similar a como los saberes científicos se conforman poco a poco por confrontación con obstáculos (Astolfi et al., 1997). El profesorado también aprende en este proceso de interacción didáctica (Freire, 1997), a la vez que es portador de una historia personal con creencias.

Cuando el conocimiento científico se aprende, atiende a tres grandes dimensiones del saber: declarativa, procedimental y actitudinal, y posee un carácter eminentemente social compartido. Son múltiples los factores que interactúan en él: las concepciones epistemológicas dominantes en la comunidad científica y en quienes deciden el currículo de ciencias, las relaciones culturales y sociales con la comunidad y las finalidades sociales e ideológicas asignadas a su enseñanza

(Kemmis, 1988). Estos componentes se ven interactuando entre sí, y son sus contextos, en términos sistémicos, lo que provocan sinergias y cambios multifuncionales.

La estructura de la ciencia merece que se la adapte a la comunidad del aula en un marco didáctico, lo que requiere de una transposición didáctica (Chevallard, 1993) que lo descomponga y recomponga mediante una epistemología particular que facilite su enseñanza. Este esfuerzo por contextualizar el terreno del aula es tratado por diversos autores hacia lo que denominan ciencia escolar (Sanmarti y Pujol, 1997; Izquierdo, 1998, 28).

Una formación permanente presidida por la lógica de la ciencia escolar, capaz de ayudar a los profesores a dimensionar una nueva perspectiva triádica del proceso de enseñar-aprender-evaluar ciencias: los profesores desde esta perspectiva de formación han de comprender y actuar en consecuencia a partir del conocimiento que adquieran desde la ciencia escolar, sobre quiénes aprenden, cómo aprenden, desde qué referentes aprenden y de qué manera han de diseñar la enseñanza para que los estudiantes modifiquen sus representaciones iniciales.

Los alumnos poseen esquemas de aprendizaje integrados por experiencias, ideas previas,

creencias, sentimientos, prejuicios que forman sus representaciones desde las cuales cada estudiante construye el conocimiento (Acevedo y Vázquez, 2003; Driver; Squires; Rushworth y Wood-Robinson, 1989; Gil; Carrascosa; Furió y Martínez-Torregrosa, 1991; Vosniadou & Ioannides, 1998). Cada alumno y alumna construyen su propia visión del mundo, sus particulares modelos nacidos de la interacción entre las estructuras y representaciones mentales cimentados en la vida cotidiana, los cuales interactúan a través de múltiples nexos.

Educar científicamente en ingeniería es un reto para quienes promueven el cambio educativo, que no es posible sin un perfeccionamiento profesional de los docentes. Dicho proceso no se basa en el dominio de conocimientos o teorías, en un “activismo” sin dirección ni sentido o en la aplicación de un conjunto de reglas o procedimientos aparentemente inequívocos. Es preciso que los docentes desarrollen competencias que les permitan articular coherentemente sus conocimientos profesionales, teóricos y prácticos, con su propia experiencia desde una perspectiva investigativa en donde se entienda la acción docente como una actividad de carácter experimental orientada a la producción de conocimiento.



Conclusiones

El análisis de los prólogos de los textos guía permite constatar que es posible evitar las visiones deformadas que la enseñanza de las comunicaciones electrónicas digitales suele transmitir por acción u omisión. De hecho, esta actividad de análisis crítico favorece una concepción más adecuada de la ciencia y de la tecnología, y permite desarrollar una visión más real, humana, contingente y desmitificada de la ciencia; así como comprender que la extensión de las visiones deformadas es el resultado de la ausencia de una reflexión epistemológica, y de la aceptación acrítica de una enseñanza transmisionista¹⁰ que contribuye a afianzar dichas deformaciones.

¹⁰ La enseñanza centrada en la simple transmisión de conocimientos ya elaborados no sólo impide comprender el papel esencial que la tecnología juega en el desarrollo científico, sino que, contradictoriamente, favorece el mantenimiento de las concepciones empiro-inductivistas que sacralizan un trabajo experimental, al que nunca se tiene acceso real, como elemento central de un supuesto “método científico”.

Los medios de comunicación y el lenguaje cotidiano son cruciales para modelar la conciencia tecnológica de la gente en general (Morin, 1990), originando tres mitos compartidos también por los profesores: el progreso científico es permanente y está asociado a la acumulación de cambios cuantitativos, las explicaciones científicas que divulgan los medios son razonables por sí mismas, y el mito de que la ciencia es infalible. Estos mitos ingresan también a los estilos de formación docente y a las aulas de clase, originando a su vez un espectro de concepciones derivadas que desvirtúan la visión de la ciencia, su enseñanza y los aprendizajes.

Las concepciones y esquemas que el profesorado tiene sobre la ciencia, su historia y desarrollo, su enfoque, los métodos que los acompañan, los actores que los construyen, permeabilizan de forma implícita y a veces explícita sus concepciones y prácticas sobre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación en la clase de ciencias. La perspectiva sobre la ciencia, sus métodos, su enseñanza y la formación del conocimiento, inducen al profesorado a asumir determinadas visiones, concepciones y prácticas rutinarias en el aula.

El conocimiento que el docente tiene de la materia influye en sus prácticas. Gran parte del profesorado de Ingeniería tiene formación deficiente en la disciplina que enseña, por lo que sus equivocaciones son las mismas que las de sus estudiantes, confían mucho en el texto, escogen metodologías transmisivas, y reducen la participación y discusión para no mostrar su mala preparación.

Los educadores deben reflexionar críticamente sobre sus prácticas didácticas de enseñanza de la ciencia y sus visiones sobre la ciencia, los científicos y el conocimiento que enseñan, de manera que evolucionen realizando cambios significativos en la manera de ver la ciencia y de enseñarla.

Bibliografía

Acevedo, J. A. (1994). "Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque C-T-S", *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19. pp. 111-125.

Acevedo, J. A. y A. Vázquez. (2003). "Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3). <http://www.saum.uvigo.es/reec/> (27 de agosto del 2007).

Astolfi, J. P, y Develay, M. (1989). *La Didactique des sciences*. Paris: puf.

Bachelard, G. (1938). *La formación del espíritu científico*. Argentina: Siglo XXI.

_____. (1978). *El racionalismo aplicado*. Buenos Aires: Paidós.

Bernal, J. D. (1960). *Historia social de la ciencia*. Vol. I y II. Barcelona: Península.

Bunge, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.

_____. (1980). *La Ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XX.

_____. (1997). *La causalidad: El principio de causalidad en la ciencia moderna*. Buenos Aires: Sudamérica.

Cajas, F. (1999). "Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life", *International*

- Journal of Science Education*, 21 (7). pp. 765-773.
- _____. (2001). "Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico", *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2). pp. 243-254.
- Campanario, J. M. y A. Moya. (1999). "¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas", *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2). pp. 179-192.
- Chevallard, Y. (1993). *La transposición didactique*. Grenoble: La Pensée sauvage.
- ACOFI-ICFES. (1996-1997). "Actualización y Modernización del currículo en Ingeniería Civil, Mecánica, Eléctrica-Electrónica, Industrial, Química, Sistemas y Agrícola". <http://carthagene.enim.fr/IMG/doc> (3 de noviembre del 2007).
- Chevallard, Y.; Bosch, M. y Gascón, J. (1997). *Estudiar matemáticas*. Barcelona: ICE-Horsori.
- De Vries, M. J. (1996). "Technology Education Beyond the Technology is Applied Science Paradigm", *Journal of Technology Education*. 2 (7).
- Del Pozo, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio*. Tesis para optar el título de Doctor en Educación. Universidad de Sevilla.
- Driver, R.; Squires, A.; Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1989). *Making sense of secondary science: research into children's ideas*. New York: University of Leeds.
- Freire, P. (1997). *Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Furió, C.; Iturbe, J. y Reyes, J. V. (1992). "Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias", *Investigación en la Escuela*, 24. pp. 89-99.
- Gardner, P. C. (1994). "Interest in biology I: A multidimensional construct", *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (5). pp. 409-423.
- Gil, D. (1993). "Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación", *Enseñanza de las ciencias*, 11 (2). pp. 197-212.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gil, D., Vilches, A., Astaburuaga, R. y Edwards, M. (2000). "La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas", *Investigación en la Escuela*, 40. pp. 39-56.
- Giordan, A. (1994). "Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje", *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2). pp. 105-110.
- González, M. P.; Caballero, M.; Olivares, E.; Santiesteban, A. y Serrano, M. P. (1998). "Una propuesta curricular para superar los obstáculos que presenta la comprensión de la genética mendeliana", *Investigación en didáctica de las Ciencias Experimentales. II Simposium de la Docencia de las Ciencias Experimentales en la Enseñanza Secundaria*. Madrid: COB.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3). pp. 299-313.

Izquierdo, M. (1998). "¿Cómo contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias?", *Aula de Innovación Educativa*, 27. pp. 37-42.

Izquierdo, M.; Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales", *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1). pp. 45-60.

Kemmis, S. (1988). *El currículum: más allá de la teoría de la reproducción*. Madrid: Morata.

Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: F.C.E.

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.

Morin, E. (1995). *Introducción al pensamiento complejo*. [Introduction a la pensée complexe Paris: ESF Editeur]. Barcelona: Gedisa, 1995.

Piaget, J. (1970). *Structuralism*. New York: Basic Books.

Porlán, R.; García Díaz, J. E. y Cañal, P. (1988). "Un enfoque constructivista e investigativo para la formación de formadores en didáctica de las ciencias". *Avances en el estudio del pensamiento de los profesores*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Porlán, R. et al (1996). "Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos", *Investigación en la escuela*. 29. pp. 23-38.

Porlán, R.; Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). "Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos", *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2). pp. 155-171.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). "El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias", *Diada*.

Pozo, J. I. (1993). "Psicología y Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza: ¿concepciones alternativas?", *Infancia y Aprendizaje*, 62/63. pp. 187-204.

Robardet, G. & S. Johsua. (1998). "La représentation naturaliste dans l'enseignement des sciences physiques: impact sur La formation des enseignants". *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*. pp. 57-83.

Saltiel, E. y L. Viennot. (1985). "¿Qué aprendemos de las ciencias entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes", *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3). pp. 137-144.

Sanmartí, N. y R. M. Pujol. (coords.). (1997). *Guía Praxis para el profesorado. Ciencias de la Naturaleza: Contenidos, Actitudes y Recursos*. Barcelona: Praxis.

Vosniadou, S. & C. Ioannides. (1998). "From conceptual development to science education: a psychological point of view", *International Journal of Science Education*, 20 (10). pp. 1213-1230.