

# La naturaleza de la ciencia y la formación del profesorado: reflexiones desde los estudios sobre la ciencia

---

María Luisa Ortega

Posiblemente la función crucial de la formación del profesorado radica en ofrecer a los docentes los conocimientos y marcos de reflexión adecuados para afrontar la definición de la naturaleza y el propósito de la enseñanza de la disciplina que deberán enseñar, el cómo y porqué enseñar historia, física, matemáticas o filosofía, una tarea que en los diseños curriculares de formación del profesorado habitúa a encomendarse a las didácticas específicas, auxiliada por otras materias. Pero los caracteres que asignemos a estos dos elementos, a la naturaleza y al propósito de la enseñanza de la disciplina, están condicionados por ámbitos de reflexión más generales, entre otros aquellos que propicien el análisis sobre la naturaleza de las propias disciplinas y la forma en que éstas construyen sus conocimientos.

Nuestro objetivo es arrojar luz sobre este último punto, la necesaria incorporación en la formación del profesorado de la reflexión en torno a la naturaleza de las ciencias y sus prácticas en la construcción de los

Las nuevas aportaciones de los estudios sobre la ciencia enriquecen la reflexión sobre la naturaleza de la misma y su enseñanza en la formación del profesorado

conocimientos, partiendo del presupuesto ampliamente compartido de que las concepciones que los docentes poseen de la ciencia, del conocimiento por ella generado y de su disciplina a nivel epistemológico, social y cultural condiciona poderosamente la forma en que afrontarán el proceso de enseñanza—aprendizaje. Y para ello pretendemos mostrar en qué medida las nuevas preocupaciones y aportaciones procedentes de los estudios sobre la ciencia —una etiqueta en la que se inscriben historiadores, filósofos, sociólogos y antropólogos de la ciencia— pueden convertirse en un horizonte teórico y temático para dicha integración, aún más cuando este horizonte se halla en total sintonía, como veremos, con los objetivos generales otorgados a la enseñanza de la ciencia en niveles preuniversitarios durante los últimos años.

Nuestra reflexión se plantea además como un diálogo, y en cierta medida como una perspectiva necesariamente complementaria, a las aportaciones que la psicología cognitiva viene ofreciendo para la comprensión de los procesos de construcción del conocimiento científico en los sujetos y que se han convertido en piedra angular en las teorías y enfoques didácticos en la enseñanza de las ciencias y, por ende, de los contenidos y programas de formación del profesorado. Este diálogo es posible gracias a que, a pesar de la

disparidad con la que ambos campos de estudio, los estudios sobre la ciencia y la psicología cognitiva, enfrentan la naturaleza del conocimiento científico y la distancia en que los ha mantenido la academia, en las últimas décadas ha comenzado a producirse entre ellos un fructífero intercambio de modelos, al menos en un nivel heurístico y analógico, para dar cuenta de cómo se construye y se comunica el conocimiento científico. El acercamiento entre ambos ha sido posible gracias a cruciales cambios teóricos y metodológicos en las dos áreas.

Por una parte, la naturalización de la epistemología en la filosofía de la ciencia implicaba el abandono de modelos analíticos de la racionalidad científica marcados por tintes prescriptivistas (cómo debían construirse los conocimientos para ser científicamente válidos) para abordar el estudio y la descripción de la ciencia tal y como se practicaba. Con ello la sociología y la historia de la ciencia se convertían en piezas clave para el análisis, pues los contextos —social, histórico y cultural— pasaban a ser indisociables de la forma en la que se construían y se validaban los conocimientos. Por otra parte, la psicología abandonó el neoconductismo y con él el laboratorio psicológico y las tareas artificiales para adoptar un enfoque ecológico y abordar los problemas de los sujetos en su medio real. El punto de inflexión en el

1. Desarrollo teórico de Kuhn, por su parte, se configuró en contacto primero con la psicología de la Gestalt, después por su paso, entre 1958 y 1959, por el Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences de Stanford donde G.A. Miller y K. Pribram estaban poniendo a punto un estudio de gran repercusión para la ciencia cognitiva con un nuevo enfoque de la conducta basado en el símil del ordenador. (Kuhn, 1977 y Solís y Soto, 1998)

encuentro fue la obra de Thomas Kuhn<sup>1</sup> que, proponiendo un nuevo enfoque interpretativo de cómo se habían producido histórica y socialmente los cambios teóricos en las ciencias y cómo se asentaban y consolidaban éstos en los paradigmas, pudo convertirse en referente para pensar problemas cruciales en las formas de aprendizaje individual de nuevos conceptos. No en balde el mismo Kuhn popularizó la tesis de que la ontogenia cognitiva reproducía la filogenia científica: "Parte de lo que sé sobre la forma de interrogar a los científicos que ya han muerto —afirmaría en uno de los textos incluidos en la *Tensión Esencial* (Kuhn, 1977: 47)— lo aprendí examinando la forma en que Piaget interroga a los niños que estudia... aprendí a entender la física de Aristóteles gracias a los niños de Piaget".

Estudiosos de la ciencia y psicólogos cognitivos han venido enfrentándose a problemas similares, los primeros desde una perspectiva social, los segundos individual: cómo se construyen conceptos, categorías y teorías para explicar el mundo natural o social, cómo se aprenden éstas sea en el proceso de aculturación del futuro científico en la "ciencia normal", sea en la escuela; cómo se produce el conflicto entre modelos alternativos de explicación del mundo y cómo éste puede dar paso a la asimilación o aceptación de una nueva teoría o cosmovisión (asentamiento de un nuevo paradigma/ procesos de cambio conceptual), con los problemas asociados de inconmensurabilidad entre dichas cosmovisiones, etc. A pesar de que los objetivos

y metodologías de estudio diverjan muy significativamente, parece que desde uno y otro ámbito de investigación se apunta una visión similar de la naturaleza de conocimiento científico: los presupuestos constructivistas que con mayor o menor radicalidad subyacen en las nuevas corrientes tanto de los estudios sobre la ciencia como en la psicología cognitiva llevan a abogar por la superación de una imagen de la ciencia y del conocimiento como un cuerpo cerrado y dogmático, y de su desarrollo como un proceso lineal y acumulativo del conocimiento (tanto a nivel individual como a nivel histórico social). La naturaleza del conocimiento científico como un proceso constructivo, sea individual o social, altera sustancialmente la forma de comprender el proceso de enseñanza—aprendizaje de las ciencias y por ello creemos que su análisis debe estar presente en la formación de la de los futuros docentes.

Pero mientras las aportaciones al problema de la construcción del conocimiento científico y de la enseñanza de las ciencias procedentes de la psicología cognitiva y de la instrucción han cobrado carta de naturaleza en los enfoques curriculares de la formación del profesorado, no lo han hecho, al menos en todas sus potencialidades, las reflexiones procedentes desde la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia. Con ello se han priorizado dimensiones excesivamente centradas en los contextos de construcción de conocimiento científico en los sujetos desatendiendo una perspectiva socio—cultural más amplia que creemos el docente debe poseer para

enriquecer sus enfoques sobre la función de la enseñanza de su disciplina en la sociedad contemporánea en la que se inscribe su labor. Es a esta apertura y enriquecimiento de horizontes a la que esperamos contribuir en alguna medida en las páginas que siguen.

## Las nuevas concepciones de la naturaleza de la ciencia

Como señalábamos, el campo de los estudios sobre la ciencia ha experimentado en las últimas décadas muy significativas transformaciones. La tarea de dar cuenta de la ciencia tal y como se produce ha forzado a la creación de un marco transdisciplinar que difumina los nichos tradicionales de la filosofía, la historia y la sociología para coincidir en una imagen de la ciencia muy alejada de la tradicional: un sistema unitario de principios, métodos y teorías contrastados y que encarna el epitome de la razón. La filosofía de la ciencia, sacudida por las aportaciones de la historia que la obligaban a naturalizarse, coincidía en señalar la infradeterminación empírica de las teorías y la predeterminación teórica de observaciones y experimentos poniendo en entredicho los principios de la epistemología tradicional y su creencia en "un" método científico que infaliblemente otorga validez de los conocimientos generados, mientras comenzaba a no ver tan claro que su ámbito de estudio fuera sólo el denominado contexto de justificación dejando a la historia, la

sociología y la psicología el del descubrimiento. La historia de la ciencia documentaba y analizaba la influencia de elementos no epistemológicos, sino sociales y culturales, en la construcción y en el rechazo o aceptación de nuevas teorías científicas y mostraba que el mismo proceso de difusión y comunicación en diferentes niveles de las nuevas concepciones era una parte ineludible del quehacer científico, y no un mero accesorio. La sociología nos enseñó a prestar la misma atención y a aplicar los mismos criterios de análisis a las teorías y prácticas aceptadas como válidas como a aquellas que habían sido desbancadas por la comunidad científica.<sup>2</sup>

La imagen de la ciencia que ha resultado de estos enfoques es la de un conjunto de prácticas (donde están incluidas actividades que antes se consideraban como periféricas a la ciencia misma: por ejemplo, la educación) que se dan en un contexto que no puede ser sino social, con todo lo que ello implica; ha dejado de ser considerada como una forma autónoma de saber y por tanto se halla en relación con otras actividades sociales tanto en la construcción del conocimiento —procesos de negociación a diferentes niveles en la elaboración, presentación y difusión— como en el impacto económico, tecnológico y social del mismo.

Se nos presenta así como una actividad humana, posiblemente la más característica

2. Presentaciones de estas transformaciones pueden verse en Echeverría (1995, cap.1), González García, López Cerezo, Luján López (1996, cap.3 y 4) Solís (1994), Lamo de Espinosa, González García y Torres Alberto (1994) e Irazzo y Blanco (1999).

de la modernidad, que crea y recrea conceptos y procedimientos para interpretar y actuar sobre el mundo y que se redefine históricamente y de forma poliforma. Estudiar la ciencia en contexto, abordar la ecología de las prácticas científicas, como proponen estas nuevas corrientes, nos permite vincular la ciencia a otras actividades humanas, a la cultura en su conjunto, sin establecer vínculos a priori, sino siguiendo los lazos que su propio funcionamiento va estableciendo (Latour y Polanco, 1989).

Los últimos enfoques en la enseñanza de las ciencias vienen reclamando nuevas formas de enfrentar la alfabetización y formación científica que rompa con las maneras tradicionales para permitir un aprendizaje significativo tanto epistemológica como socialmente, esto es, la adecuada comprensión de los conceptos y teorías científicas así como la comprensión de las implicaciones sociales, tecnológicas, éticas y políticas que todo ciudadano necesita para entender y actuar responsablemente en la sociedad contemporánea. La enseñanza de las ciencias se presenta hoy como una tarea mucho más ambiciosa vinculada al desarrollo de valores y a la comprensión del mundo en que vivimos (Prieto, 1997). Y para ello se proponen formas de enseñar y aprender ciencia que reflejen cómo se hace realmente la ciencia (así reza, por ejemplo, en los National Science Education Standards norteamericanos de 1996), que rompa con la visión de una ciencia descontextualizada, ajena a los condicionamientos e intereses sociales y donde estén

presentes las reflexiones entre las transformaciones tecnocientíficas, la educación y el fortalecimiento de la democracia (Gil, 1998).

Sin duda los estudios de la ciencia se pueden convertir en un referente a la hora de articular los currículos hacia este fin, pero desde una perspectiva diferente a la que ha venido proponiéndose. De hecho esta discusión no es nueva: al menos desde la década de 1950 las reformas curriculares en la enseñanza de las ciencias que dan respuesta a los bajos índices de formación científica han recurrido a la introducción de la filosofía y la historia de las ciencias, aunque su puesta en práctica ha sido deficiente (Matthews, 1994). Las diferentes propuestas de implementar la educación con estas dimensiones han oscilado entre la agregación meramente anecdótica de elementos de filosofía, historia o sociología de la ciencia a significativas reformas curriculares. Estas últimas han implicado unas veces a la propia enseñanza de las ciencias, donde el curriculum se veía reorientado y la presentación de conceptos y teorías venía auxiliada por la filosofía y historia, incluyéndose además nuevas materias como las dimensiones éticas, políticas y sociales de las aplicaciones de la tecnociencia. En otras ocasiones la reforma ha implicado la introducción de materias curriculares independientes, a menudo bajo la denominación Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Pero lo que nos interesa destacar es el hecho de que estos enfoques han adoptado, en lo que respecta a la formación de un

profesorado capaz de afrontar estas nuevas formas de enseñar la ciencia, unos presupuestos eminentemente pragmáticos. En unos casos se trataba de suministrar a los docentes elementos de filosofía e historia de la ciencia esenciales para la enseñanza más significativa de los contenidos del curriculum y para salvar "obstáculos" epistemológicos y culturales casi a modo de recetas. Cuando la formación estaba destinada a capacitar profesores de materias independientes como la denominada Ciencia, Tecnología y Sociedad, se trataba de suministrarles un corpus de nuevos contenidos a transmitir, aquellos producidos por el área de conocimiento cuya denominación tomaba de su institucionalización académica y, por ende, con una agenda propia de objetivos y preocupaciones teóricas y prácticas. Aunque dentro de esta nueva área de estudios conviven diferentes enfoques, la escuela americana ha impregnado y acaparado la identidad de la denominación CTS, circunscribiendo principalmente la reflexión a algunos de los debates éticos, sociales y políticos en torno a la aplicación del resultado de las prácticas tecnocientíficas. Y esto es lo que ha primado, por tanto, en su integración curricular en la educación no universitaria. Por todo ello, la reflexión sobre la propia naturaleza de las mismas no ha encontrado aún un lugar, al menos uno en el que poder ofrecer mayores potencialidades.

Frente a estas tendencias creemos que la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado —sobre todo cuando se trata de una formación de

postgrado, nivel en el que se inscribe la formación inicial del profesorado de secundaria en nuestro país— debe abordarse de una manera más radical, crítica y, ante todo, reflexiva. Si aplicamos la reflexibilidad en toda su extensión, esto es, si concebimos los conocimientos generados desde los estudios sobre la ciencia no como un corpus cerrado de conocimiento sino sometido a revisión constante y la formación del profesorado como un espacio para la construcción, y no la transmisión, de conocimientos y actitudes asociadas, se impone la apertura de espacios para la reflexión. Los objetos y problemas que han venido analizando los estudios sobre la ciencia para dar cuenta de la ciencia tal y como se hace deben ser un punto de partida, no de llegada, que favorezca la reflexión sobre aspectos cruciales de la naturaleza de la ciencia y en la que no se debe eludir el debate y la discusión de posiciones que extremas (como el relativismo y constructivismo radical) que no se llevarán a las aulas pero con las que el docente debería familiarizarse. Así se plantearían para el análisis y la reflexión algunos problemas y estudios prototípicos abordados por los historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia:

- casos de controversias científicas donde se enfrentan explicaciones teóricas alternativas para los mismos fenómenos y donde la clausura de la controversia, es decir, la elección entre teorías rivales se halla condicionada por un conjunto de consideraciones no sólo epistemológicas, sino también sociales, políticas, culturales o religiosas;

- el análisis de la historia de los orígenes de la ciencia moderna y de la ciencia experimental puede permitir reflexionar sobre cómo se produjo el enfrentamiento y el cambio entre las visiones intuitivas de los fenómenos naturales procedentes de la experiencia cotidiana y el carácter contraintuitivo que presentaba la nueva filosofía natural y experimental, sin duda relevante para comprender problemas habituales en el aprendizaje de las ciencias;
- los estudios de antropología de laboratorio (Latour, 1979) ayudarán a pensar acerca de cómo se construyen y negocian los hechos científicos y el problemático proceso de definición de entidades teóricas y su relación con el diseño de observaciones y experimentos, pero también la dimensión humana de la práctica científica en su realidad cotidiana que favorecerá su desmitificación;
- algunos de los estudios de mundialización de la ciencia y la formación de tradiciones científicas nacionales permitirá reflexionar sobre el encuentro de la ciencia occidental con diferentes concepciones alternativas tradicionales de interpretar el mundo y actuar sobre él, sobre las reconfiguraciones que la ciencia como práctica puede experimentar en diferentes contextos culturales y sociales y sobre la articulación entre lo global y lo local en la sociedad tecnocientífica contemporánea (Lafuente y Ortega, 1992);

- el análisis de textos seminales en determinadas disciplinas pueden servir para la reflexión sobre el uso de estrategias comunicativas y retóricas, de analogías y metáforas en la comunicación de nuevas teorías o conceptos.<sup>3</sup>

A estos podrían sumarse otros tópicos de reflexión que, junto a los señalados, ayudarían a los profesores no sólo a reevaluar, complejizar y examinar críticamente sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, sino a la mejor comprensión de algunos debates más actuales en el marco de la enseñanza de las ciencias: el constructivismo, el aprendizaje por descubrimiento, los valores en ciencia, las concepciones ingenuas de los niños, las críticas feministas, la educación multicultural, etc.

Y si el tono de nuestra exposición parecería indicar que donde decimos ciencia queremos decir ciencias físicas, naturales y experimentales únicamente, es hora de afirmar que buena parte de nuestras reflexiones tienen igualmente como referente las ciencias sociales. Nuestra experiencia en la formación de profesores nos ha mostrado que, frente a lo que podría suponerse, nuestros licenciados en ciencias sociales apenas han desarrollado durante su formación elementos de reflexión sobre su propia disciplina. En el caso de los historiadores, por ejemplo, suelen serles ajenas algunas de las cuestiones básicas abordadas por la filosofía de la

3. Véanse, por ejemplo, algunos de los trabajos incluidos en Preta (1993) y Ortony (1979), de esta última obra especialmente los que constituyen los bloques *Metaphor and Science* y *Metaphor and Education*.

historia y la historiografía, como qué es y como se construye en la práctica histórica un hecho histórico, qué papel desempeñan los sesgos ideológicos del historiador o cuáles han sido los diferentes enfoques teóricos y metodológicos en competencia que han marcado el desarrollo de la disciplina, ejes de análisis que además permiten plantear el papel social otorgado en diferentes momentos y lugares a la enseñanza de la historia.<sup>4</sup>

## La ciencia como práctica comunicativa

Desearíamos profundizar en otro de los aspectos abordados por los estudios sobre la ciencia que puede adquirir especial relevancia en la formación del profesorado, si su inscripción se realiza de manera adecuada. La nueva imagen que de la ciencia presentábamos conllevaba concebir las prácticas científicas inscritas cultural y socialmente y en las que los procesos comunicativos son cruciales como parte integrante y no accesoria de la propia ciencia (M.Lynch y S.Woolgar, 1990; Bucchi, 1998):

- los nuevos conceptos y hechos se negocian en un proceso de comunicación por el que se validan entre los especialistas, se inscriben y validan en la comunidad científica en su conjunto gracias a su comunicación interespecialista;
- los nuevos descubrimientos consiguen aceptarse culturalmente, esto es, como parte

integrante de la visión del mundo compartida por la sociedad a través de la educación obligatoria y por campañas de divulgación que aspiran a llegar a públicos amplios;

- la tecnociencia ha logrado desarrollar su actividad en las dimensiones que conocemos porque sus estrategias de comunicación y persuasión convencen a los poderes públicos y a los agentes sociales de su necesidad para el progreso social (sea bienestar material o moral);
- logró mundializarse y convertirse en la cultura dominante mediante similares estrategias persuasivas;
- y se perpetua como práctica porque forma, "acultura", a los futuros científicos.

Estos procesos no se consideran ya como mera difusión o adoctrinamiento, sino que en ellos el público puede desempeñar un papel cognitivo (Feher, 1991) y los contenidos mismos de la ciencia pueden verse modificados en ese proceso comunicativo (Shinn y Whitley, 1985), dado que una parte de la validación de los mismos se produce en estos espacios públicos. De hecho los espacios públicos se convierten en arenas de debate de nuevas teorías produciendo formas de comunicación científica "desviadas" y no contempladas en los modelos tradicionales que desde la sociología de la ciencia se acostumbraban a proponer para dar cuenta del funcionamiento de la comunidad científica. (Bucchi, 1998)

4. En el curso de Formación Inicial del Profesorado de Secundaria (FIPS) del ICE de la Universidad Autónoma se ha venido impartiendo, para cubrir esta carencia, una asignatura optativa que bajo el título "Historia y sociedad: sus implicaciones en la educación secundaria" trabaja con los futuros profesores de ciencias sociales estos ejes de reflexión.

En cada uno de los ámbitos de comunicación señalados, como ha mostrado la amplia literatura dedicada a esta cuestión (Whitley, 1985; Cloitre y Shinn, 1986; Jabobi y Schiele, 1988; Calvo, 1991; Bucchi, 1998), las estrategias y resultados de las prácticas comunicativas difieren en cierta medida. Pero en algunos de ellos se plantean similares problemas y ejes de análisis. El fracaso de determinadas prácticas de comunicación científica en diferentes ámbitos presenta muy parecidos indicios y causas. Tal creemos que es el caso de la educación (sobre todo obligatoria) y la popularización y divulgación, dado que poseen similares objetivos — la alfabetización científica— y han incurrido en similares errores —ataques frontales a las concepciones alternativas (Fayard, 1991), atribución al público y al alumno de un mero papel receptor frente al de agente cognitivo activo, defectuosa estrategia en la representación de la relación entre la ciencia y la vida, mitificación de las prácticas científicas hasta llegarlas a convertir en una suerte de nueva magia o religión, concebir los conocimientos científicos como un paquete difícil de transmitir y donde los recursos expositivos son meros "adornos" para hacer "tragar" una amarga píldora—.

De hecho las actitudes ante la ciencia que se han detectado en las aulas son muy similares a las observadas en la imagen pública de la ciencia en la sociedad en su conjunto: rechazo a un conocimiento que se percibe como ajeno, de los otros; ambivalente actitud ante algo que es a un mismo tiempo

necesario porque rige nuestro mundo pero que se presenta como amenazante, totalizador y todopoderoso (Handlin, 1980); incompreensión de sus mecanismos que producen ambivalentes reacciones desde la admiración a la indiferencia provocada por una suerte de impotencia. Y esto se produce porque en uno y otro ámbito se está produciendo un complejo encuentro intercultural —entre la cultura científica y la cultura popular, tradicional, cotidiana—, entre culturas que no comparten los mismos mecanismos de atribución de sentido y significación al mundo. (William W. Cobern, 1998)

Creemos que llevar esta analogía al ámbito de la formación del profesorado puede ser una forma de abordar a un mismo tiempo el problema de la enseñanza de la ciencia desde una perspectiva socio-cultural y de las estrategias comunicativas en el aula. El análisis de textos divulgativos de diferentes niveles (Jacobi, 1991) y su comparación con los libros de textos, de programas audiovisuales divulgativos y didácticos, de museos y exposiciones, de las imágenes públicas que la cultura popular (cine, literatura, comics) ofrece de la ciencia favorece la reflexión en torno a las relaciones entre ciencia y sociedad desde una dimensión cultural. Pero también permite profundizar en cuestiones tales como los usos de la analogía y la metáfora en la comunicación de conocimientos científicos, las estrategias que permiten vincular de forma significativa la ciencia y el mundo, las formas narrativas y expositivas y los valores

tácitamente asignados a la ciencia y la tecnología por ellas.

La consideración de estas dimensiones posibilita igualmente trabajar sobre imágenes científicas y el problema de la representación visual en la construcción y comunicación del conocimiento científico. Este ámbito, que se ha convertido en foco importante de atención en la agenda de los estudios sobre la ciencia (Lynch y Woolgar, 1990; Lynch, 1990; Latour, 1990; Bastide, 1985; Mazzolini, 1993), puede traducirse en el ámbito de la formación del profesorado en un horizonte teórico y temático al servicio instrumental de una mejor introducción de los documentos visuales y audiovisuales en la educación científica. Desde una perspectiva que integra aportes de la teoría de la comunicación a la reflexión sobre el lugar de las imágenes dentro de las propias disciplinas, podrá favorecerse la utilización de las imágenes no como meras ilustraciones de un conocimiento cerrado, sino como instrumentos para la construcción del conocimiento, y plantear los problemas específicos implicados en la interpretación de imágenes científicas, gráficos o inscripciones instrumentales en los no expertos, representaciones visuales que presentan unas características diferenciadas a las producidas en otros contextos sociales y culturales.

Finalmente, la puesta en perspectiva histórica del papel desempeñado por la popularización

de la ciencia en diferentes contextos permite un riquísimo eje para la discusión de las cambiantes relaciones entre la ciencia y la sociedad. Especialmente interesante resulta la consideración sobre el papel activo, tanto cognitiva como socialmente, que se otorgó a los públicos en determinados momentos históricos cruciales en el asentamiento de la ciencia como práctica hegemónica de la modernidad y su comparación con la situación actual que abrirá un interesante campo de reflexión sobre el problema de la toma de decisiones de los ciudadanos en materia de ciencia y tecnología en las sociedades democráticas.<sup>5</sup>

Con esta dimensión, la comunicativa, sumada a los anteriores ejes de reflexión podríamos hacer partícipes a los docentes de la forma global en que las nuevas corrientes de estudios abordan la ciencia, enriqueciendo sustantivamente sus marcos de referencia acerca de la naturaleza de la misma y cumpliendo a un mismo tiempo con la necesidad de ofrecerles conocimientos que se les demandan en las reformas curriculares en marcha. Pero creemos que las propuestas de trabajo en la formación del profesorado manifestadas en estas páginas nos encaminan en una dirección aún más interesante: la sempiterna discusión en torno al acercamiento entre las ciencias y las humanidades, las ciencias físicas y matemáticas y las ciencias sociales. Si algo ha caracterizado la apuesta radical de algunos representantes de

5. Los ejes de reflexión y análisis que venimos enumerando en la definición de la ciencia como una práctica comunicativa estructuran la asignatura que bajo el título "La ciencia y sus imágenes" venimos impartiendo en el curso de Formación Inicial del Profesorado de Secundaria (FIPS) en el ICE de la Universidad Autónoma.

las nuevas corrientes en los estudios sobre las ciencias ha sido la reconstitución de los lazos, de los hilos que de hecho entrelazan y tejen la ciencia, la cultura, la sociedad, lo humano y lo no humano, lo social y lo natural. Y para poder seguir a la ciencia en proceso de hacerse, esto es, cruzando espacios que la modernidad quiso presentarnos como independientes, han debido vincularse formas de conocimiento que la academia se esfuerza en separar: la epistemología, las

ciencias sociales y las ciencias del texto (semiótica, retórica y escritura) se relacionan en la reflexión porque el objeto de la reflexión, la ciencia misma, cruza los tres espacios (Latour, 1993:17). Este marco transdisciplinar representa sin duda un horizonte de referencia, que no modelo de imitación, para la reflexión y la puesta en marcha de nuevos enfoques y perspectivas, de mejoras y renovaciones en la formación del profesorado.

## Bibliografía

---

- BASTIDE, F. (1985). *Iconographie des textes scientifiques. Principes d'analyse*. En B.Latour (ed.), Les "Vues" de l'Esprit. Número especial de *Culture Technique*, 14, pp.133–151.
- BUCCHI, M. (1998). *Science and the Media: Alternate Routes in Scientific Communication* (Londres, Routledge)
- CALVO HERNANDO, M. (comp.) (1991). *Ciencia y comunicación*, número monográfico de *Arbor* (nº551–552, t.CXL, noviembre–diciembre 1991)
- CLOITRE, M. Y SHINN, T. (1985). Expository practice. Social, Cognitive and Epistemological Linkage. En T. Shinn y R. Whitley (1985)
- CLOITRE, M. Y SHINN, T. (1986). Enclavement et diffusion du savoir. *Information sur les Sciences Sociales* (SAGE, Londres, Beverly Hills y Nueva Delhi), 25, 1, pp.161–187.
- COBERN, W.W. (ed.) (1998). *Socio-Cultural Perspectives on Science Education. An International Dialogue* (Dordrecht/Boston/Londres, Kluwer Academic Publishers)
- ECHVERRÍA, J. (1995). *Filosofía de la ciencia* (Madrid, Akal).
- ECHVERRÍA, J. (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX* (Madrid, Cátedra)
- FAYARD, P. (1991). Divulgación y pensamiento estratégico. En Calvo Hernando (comp.), pp.27–36.
- FEHÉR, M., (1991). Acerca del papel asignado al público por los filósofos de la ciencia. En Ordoñez, J. y Elena, A. (eds.). *La ciencia y sus públicos* (Madrid, CSIC), pp. 421–443.

- GIL PÉREZ, D. (1998). El papel de la educación ante las transformaciones científico-técnicas. Monográfico *Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación, Revista Iberoamericana de Educación* n.18, pp.69–90.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M.I., LÓPEZ CEREZO, J.A. Y LUJÁN LÓPEZ, J.L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción social al estudio social de la ciencia y la tecnología* (Madrid, Tecnos)
- HANDLIN, O. (1980). La ambivalencia en la reacción pública ante la ciencia. En B.Barnes, T.Kuhn, R.Merton et al., *Estudios sobre sociología de la ciencia* (Madrid, Alianza Editorial)
- IRANZO AMATRIAIN, J.M. Y BLANCO MERLO, J.R. (1999). *Sociología del conocimiento científico* (Madrid, CIS–Universidad Pública de Navarra)
- JACOBI, D. Y SCHIELE, B. (dirs.) (1988). *Vulgariser la science. Le procès de l'ignorance* (Seysssel, Champ Vallon)
- JACOBI, D. (1991). King Clone: Notas sobre la poco resistible ascensión de las ciencias de la vida en los medios de comunicación. En Calvo Hernando (comp.) (1991), pp.37–50
- KUHN, T. (1977), *The Essential Tension*. Citado por la traducción castellana *La tensión esencial* (México, Fondo de Cultura Económica)
- LAFUENTE, A. Y ORTEGA, M.L. (1992). Modelos de mundialización de la ciencia. *Arbor* vol.CXLII, junio–agosto, pp. 92–117.
- LAMO DE ESPINOSA, E, GONZÁLEZ GARCÍA, J., Y TORRES ALBERO C. (1994). *La sociología del conocimiento y de la ciencia* (Madrid, Alianza)
- LATOUR, B. (1979). *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Edición castellana *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos* (Madrid, Alianza, 1986).
- LATOUR, B. Y POLANCO, X. (1989). A propos de l'histoire sociale des sciences: quelques remarques, le modèle de la rosace. En Xavier Polanco (ed.). *Naissance et développement de la science–monde. Production et reproduction des communautés scientifiques en Europe et en Amérique Latine* (Paris, La Découverte/Conseil de l'Europe/UNESCO)
- LATOUR, B. (1990). Drawing things together. En M.Lynch y Steve Woolgar (eds.) (1990)
- LATOUR, B. (1991), *Nous n'avons jamais été modernes*. Citado por su traducción castellana *Nunca hemos sido modernos* (Madrid, Debate, 1993)
- LYNCH, M. (1990). Externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences. En M. Lynch y S. Woolgar. (1990)
- LYNCH, M. Y WOOLGAR, S. (eds.) (1990). *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, Mass., MIT Press)
- MAZZOLINI, R. (ED.) (1993). *Non-verbal communication in science prior to 1900* (Florencia, Leo S. Olschki)
- ORDOÑEZ, J. Y ELENA, A. (eds.) (1991). *La ciencia y sus públicos* (Madrid, CSIC)
- ORTONY, A. (ed.) (1979). *Metaphor and Thought* (Cambridge, Cambridge University Press)
- PRETA, L. (comp.) (1993). *Imágenes y metáforas de la ciencia* (Madrid, Alianza Editorial)

- PRIETO RUZ, T. (1997). La Ciencia—Tecnología—Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En M. Cebrián de la Serna y J. A. Garrido Galindo (coords.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación multidisciplinar* (ICE/Universidad de Málaga) pp.127–140.
- SHINN, T. Y WHITLEY, R. (eds.) (1985), *Expository Science: Forms and Functions of Popularisation* (Dordrecht/Boston/Lancaster, D. Reidel Publishing Company)
- SOLÍS, C. Y SOTO, P. (1998). Thomas Kuhn y la ciencia cognitiva. En Solís, Carlos (comp.), *Alta tensión: filosofía, sociología e historia de la ciencia* (Barcelona, Paidós)
- SOLÍS, C. (1994). *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn* (Barcelona, Paidós), pp.295–346.
- WHITLEY, R. (1985). Knowledge Producers and Knowledge Acquierers. Popularisation as a Relation Between Scientific Fields and Their Publics. En T. Shinn y R. Whitley (1985)

## Resumen

---

Nuestro trabajo ofrece una propuesta de incorporación en la formación del profesorado de secundaria de la reflexión en torno a la naturaleza de la ciencia a partir de las nuevas preocupaciones y debates planteados desde los estudios sobre la ciencia, un área que integra a historiadores, filósofos, sociólogos y antropólogos de la ciencia. Se presentan ejes teóricos y temáticos para propiciar el debate entre los futuros docentes en torno a la ciencia concebida eminentemente como práctica social, cultural y comunicativa.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; ciencia, tecnología y sociedad; formación del profesorado; estudios sobre la ciencia; comunicación científica.

## Abstract

---

**O**ur project proposes introducing reflection on the nature of Science in secondary level teacher training. This reflection is due to the new concerns and debates generated by new research on science studies, an area that brings together historians, philosophers, sociologists and of science anthropologists.

Theoretical issues and topics are presented to encourage debate on science as social, cultural and communicative practice among future teachers.

Key words: Science teaching; science, technology and society; teacher training; science studies; scientific communication.

**María Luisa Ortega Gálvez**

Departamento de Lingüística, Lenguas Modernas,

Lógica y Filosofía de la Ciencia

Instituto de Ciencias de la Educación

Universidad Autónoma de Madrid

Ciudad Universitaria de Cantoblanco

28049 Madrid