

LAS FUENTES DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SU ESTATUTO EPISTEMOLÓGICO

THE SOURCES OF EXPERIMENTAL SCIENCE TEACHING AND EPISTEMOLOGICAL

Carlos Uribe Gartner
Departamento de Física
Universidad del Valle
carlos.uribe@correounivalle.edu.co

16

Resumen

Se discute la naturaleza de la Didáctica de las Ciencias en cuanto disciplina, considerándola como la "teoría práctica" o la "tecnociencia" relacionada con la educación en ciencias, un componente de esa práctica social que es la Educación. La noción de teoría práctica contrasta con la de teoría explicativa, la propia de las disciplinas científicas en sentido estricto. Desde esta comprensión de la naturaleza de nuestra disciplina se entiende que el saber experiencial o práctico de los docentes es una de sus fuentes fundamentales, a la par de las fuentes usualmente consideradas, a saber la filosofía de la educación, la disciplina científica objeto de aprendizaje (en sí misma y en su historia y epistemología), las disciplinas humanas y sociales (psicología, sociología, lingüística), y la investigación educativa.

Palabras claves: Estatuto epistemológico de la Didáctica de las Ciencias, filosofía de la educación, filosofía de la ciencia, conocimiento del profesor, fuentes de la Didáctica de las Ciencias

Abstract

We discuss the nature of Science Education as a cognitive endeavor, considering it as the practical theory or "design science" related to scientific education, that component of the social practice called Education. The notion of practical theory contrasts with the notion of explanatory theory, the specific one of the scientific disciplines *strictusensu*. This vision of the nature of Science Education Research implies that the experiential or practical knowledge of teachers is one of its main sources, at the same level as the sources normally considered: the philosophy of education, the scientific discipline to be learned (in itself and in its history and epistemology), the human and social disciplines (psychology, sociology, linguistics), and educational research proper.

Keywords: Epistemological status of Science Education Research, Philosophy of Education, Philosophy of Science, Teacher Knowledge, Sources of Science Education Research

1. Introducción

¿Es la didáctica de las ciencias experimentales una ciencia? Y si lo es, ¿qué tipo de ciencia? ¿Cuál es la relación entre tal ciencia, si lo fuera, con la “ciencia práctica del maestro” que informa su trabajo cotidiano? La discusión en torno a estas preguntas, y en especial la primera, ha generado una abundante literatura (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002; Aliberas, Gutiérrez, & Izquierdo, 1989; Duit, 2006; Gil, Carrascosa, & Terrades, 2000; Gutiérrez, 1987; Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2002; Linn, 1987; Oliva, 2006; Porlán, 1998). Naturalmente, quienes nos dedicamos profesionalmente a investigar los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales tendemos a responder positivamente. Nadie suele echar piedras a su propio tejado. Pero el hecho de que la pregunta surja una y otra vez es síntoma de que en el fondo no terminamos de estar satisfechos con nuestra respuesta. Es claro que la respuesta depende de lo que se entienda por ciencia, una de esas palabras cuyo significado parece claro cuando no se reflexiona sobre el mismo pero que apenas uno se toma el trabajo de intentar definirlo sin ambigüedad se encuentra sin norte¹. Debemos acudir entonces a los filósofos de la ciencia, cuyo oficio es precisamente responder la pregunta: *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (Chalmers, 1984). Una rápida ojeada a este libro, cuyo título es precisamente la última pregunta, nos muestra que hay tantas respuestas como filósofos de la ciencia. Para entendernos y seguir adelante, hemos de tener una definición de trabajo de lo que es la ciencia, o mejor –como veremos– de lo que tienen en común las muy diversas empresas humanas denominadas ciencias.

2. ¿Cuál es la naturaleza de las ciencias?

Deben distinguirse dos referentes del término ‘ciencias’: las ciencias como **procesos sociales** de generación y validación de conocimientos, y las ciencias como **cuerpos de conocimientos teóricos**, los productos generados por estos procesos. Nótese que estamos hablando de ‘ciencias’ en plural y no en singular, ‘la ciencia’. Quizás la reflexión filosófica sobre este aspecto central de nuestra cultura sería menos confusa si, en lugar de intentar caracterizar la naturaleza de **la** ciencia, como si fuera una realidad unitaria, los filósofos se hubieran preocupado por la naturaleza de cada una de las distintas disciplinas científicas que se han ido constituyendo poco a poco y han ganado legitimidad como instituciones sociales productoras de conocimiento. En otras palabras, no parece que tiene mucho sentido hablar de la naturaleza de la ciencia, sino de la naturaleza de la física, de la sociología, o de cada una de las disciplinas que son consideradas merecedoras de ese prestigioso calificativo². Esta sección del ensayo enfoca en especial el primer aspecto

¹«Globalmente considerado, el repertorio semántico de la palabra ‘ciencia’ ofrece (...) uno de los más desconcertados y desconcertantes espectáculos de polisemia anárquica -mera equivocidad- con que cabe encontrarse» (Millán-Puelles, 1984, pág. 127). Aunque es imposible por diversas razones teóricas y prácticas despejar todos los posibles malentendidos semánticos, vale la pena intentar llegar a un *acuerdo dialógico* con el lector acerca del sentido con el que se usará esta palabra. Es decir, sólo cabe dialogar entre participantes que acuerdan, aunque sólo sea temporalmente y “en **gracia de discusión**”, usar las palabras claves en los mismos sentidos, a pesar de que disientan en otros aspectos.

²Chalmers (1982/1994: 4) trae una lista larga de “ciencias”, reales o presuntas, que se enseñan en universidades americanas. Es interesante transcribirla: “*Ciencia de la Biblioteca, Ciencia Administrativa, Ciencia del Habla, Ciencia*

de la ciencia, tratando de caracterizar la clase de procesos sociales determinada por las ciencias legitimadas y reconocidas como tales en la sociedad actual.

2.1 Las ciencias como procesos sociales

Los seres humanos hacemos muchas actividades en nuestra vida cotidiana y profesional. Por ejemplo dormir, la vida de familia, el trabajo, los deportes. Algunas de estas actividades son personales o privadas, y otras son actividades colectivas, los *procesos sociales*. Entre estos últimos destacaremos los diferentes oficios con los que las personas nos ganamos la vida. Pues bien, uno de los oficios humanos en el que se desempeñan algunas personas es investigar profesionalmente en una disciplina académica como **algunas** de las enumeradas en la nota 2. No cabe duda de que este trabajo requiere esencialmente la interacción con otros seres humanos, que va más allá de la interacción con quienes forman los grupos de investigación en cuyo seno se realiza actualmente la investigación científica³. La actividad investigadora es pues una actividad esencialmente colectiva o social, y ello a inmensa escala, pues es ejercitada no tanto por los científicos singulares, sino por una comunidad formada por sus predecesores y pares.

Lo que caracteriza al tipo de procesos sociales cuyos ejemplos son las ciencias mencionadas, y cuya categorización como ciencias nadie discute (la física y la sociología) es la finalidad de buscar explicaciones verdaderas e interrelacionadas de una cierta clase de fenómenos, difusamente definida y cuyos límites varían en el tiempo. Decimos que la finalidad de estos procesos sociales es producir y validar "*conocimiento teórico*" sobre un determinado ámbito de la realidad, el cual da respuestas a interrogantes interdependientes que constituyen en conjunto un "*campo problemático*". En efecto, mientras los problemas o interrogantes por los que los sociólogos se interesan están todos relacionados con la sociedad, los interrogantes que ocupan a los físicos tienen que ver con el mundo físico. Las herramientas cognoscitivas mediante las cuales se indagan las respuestas a esos interrogantes son de dos tipos: herramientas instrumentales (como los aparatos empleados en los experimentos físicos o los cuestionarios sociológicos), y las herramientas mentales, los sistemas de conceptos que suministran las lentes interpretativas a través de las cuales se da sentido a los datos y con los cuales se tejen las teorías respectivas.

Los filósofos de la ciencia han reflexionado sobre los rasgos característicos de los procesos sociales reconocidos sin discusión como ciencias, y que permiten identificarlos como tales, frente a otros procesos sociales que pretenden ser científicos. Entre esos rasgos destacan el hecho de que los científicos sociales o naturales respaldan sus explicaciones sobre la sociedad o sobre el mundo físico o biológico con "*evidencias públicas*", observaciones empíricas que cualquier persona suficientemente capacitada puede obtener e interpretar

Forestal, Ciencia Láctea, Ciencia de los productos cárnicos y animales e incluso Ciencia Mortuoria". La lista fue tomada de un informe de C. Trusedell citado por J. R. Ravetz, *Scientific Knowledge and its social problems*, Oxford, Oxford University Press, 1971, pp. 387 ss.

³ Actualmente es casi imposible conseguir financiación para proyectos de investigación que serán ejecutados por una única persona en solitario.

por su cuenta. Es decir, no pretenden que sus afirmaciones cognoscitivas sean aceptadas porque ellos las afirman y las respaldan con su autoridad, sino porque disponen de **datos** y **argumentos** que las avalan objetivamente. En consecuencia, los científicos han de estar dispuestos a someter sus datos y argumentos a una discusión abierta y honesta con sus colegas, de modo que si se muestra su inconsistencia lógica o con otros datos mejor respaldados, han de modificar sus afirmaciones o suspender el juicio hasta aclarar las discrepancias. Es claro que los cultivadores de las ciencias ocultas o de la ufología no tienen esta actitud. Por principio, asumen que si alguien discute sus afirmaciones o sus datos tiene que estar equivocado aunque no sepan cómo demostrarlo, y siempre encuentran subterfugios a las "falsaciones" que pueden surgir a sus afirmaciones. Ya han decidido de antemano que los ovnis existen, y no consideran seriamente las explicaciones alternativas de los supuestos avistamientos de ovnis.

Los procesos sociales que se han denominado "sociología" o "física" pueden considerarse como un cierto tipo de procesos sociales, que comparten una finalidad: incrementar el conocimiento humano comunicable y validable. Si bien el conocimiento sobre la sociedad y el conocimiento sobre el mundo físico son conocimientos de naturaleza muy diversa, pues sus objetos de estudio son radicalmente distintos, los sociólogos y los físicos comparten un compromiso con la verdad. En efecto, dejarían de ser sociólogos o físicos si no estuvieran dispuestos a modificar sus afirmaciones ante evidencias o argumentaciones en contrario. En otras palabras, su trabajo no consiste en ofrecer opiniones personales sobre la sociedad o el mundo físico, sino en encontrar afirmaciones sobre cuya verdad o falsedad cabe llegar en principio a acuerdos entre los entendidos. Los griegos utilizaban la palabra 'doxa' para referirse a lo que nosotros llamamos opiniones, y la palabra 'episteme' para referirse a afirmaciones que pretenden ser demostrablemente verdaderas. De allí nació la palabra 'epistemología' y el adjetivo 'epistémico(a)'. Así pues, tiene sentido caracterizar el tipo de procesos sociales ejemplificados por la sociología o la física como 'procesos epistémicos', aquellos cuya **finalidad** es producir sistemáticamente conocimiento verdadero. Asumir esta meta como distintivo de estos procesos sociales es compatible con el reconocimiento de la provisionalidad de sus productos, las teorías científicas.

Otro rasgo común a estos procesos sociales que están "institucionalizados". Se ha acuñado el término "práctica social" para referirse a actividades humanas esencialmente colectivas e institucionalizadas (MacIntyre, 1987). Así pues, podemos designar los procesos sociales como la física o la sociología con el término 'prácticas sociales epistémicas' o simplemente 'prácticas epistémicas'. Una práctica epistémica es entonces una actividad humana colectiva socialmente institucionalizada, cuya finalidad es acrecentar sistemáticamente los conocimientos comunicables y validables referentes a un cierto campo problemático y eliminar progresivamente los errores que puedan permanecer ocultos en estos conocimientos. Las maneras de validación y eliminación de errores son específicas de cada campo problemático, o en otras palabras de cada disciplina científica; no obstante, en cualquier caso se requiere que sean "intersubjetivas", y que de alguna

manera involucren un diálogo entre la razón y la experiencia, entre la teoría, la observación y la experimentación (supuesto que ésta sea viable).

Otro rasgo común a las prácticas sociales epistémicas que se desprende de todo lo dicho es que las personas que se dedican a ellas son personas comprometidas con la búsqueda honesta de la verdad. Quienes se apartaran conscientemente de este compromiso, incurriendo en falsificación de sus datos o argumentando de una manera deliberadamente inconsistente –a sabiendas de esa inconsistencia-, dejarían por ello automáticamente de ser científicos, aunque sus fraudes no sean detectados por ningún colega. Otra cosa son los “fraudes no deliberados”: la historia de la ciencia está llena de casos de presuntas observaciones que al cabo del tiempo se demostraron “irreproducibles”, como los rayos N o la fusión fría. Podría alegarse que la honestidad o integridad intelectual de los científicos no es observable empíricamente; es decir, es imposible “demostrarla mediante **evidencias intersubjetivas**”. Sin embargo, no estamos proponiendo “criterios de científicidad” que permitan discriminar la ciencia de la no ciencia de manera indiscutible, como pretendía el positivismo; el objetivo de la discusión anterior es simplemente describir uno de los rasgos que deberían caracterizar a los científicos como tales, por los cuales se harían acreedores a este honroso calificativo.

De hecho, no parece posible construir a priori criterios de científicidad, o en otras palabras un concepto universal de ciencia acomodado a todas las prácticas epistémicas que han surgido, surgen y surgirán en el devenir de la historia intelectual humana (Chalmers, 1984). Sería maravilloso que existiera una “piedra de toque” que sirviera para distinguir inequívocamente cuáles de las prácticas presuntamente epistémicas son realmente ciencias respetables y cuáles son pseudociencias (timos y/ o ideologías que se quieren revestir del prestigio de las “ciencias auténticas”), pero no existe tal cosa. Nos tenemos que conformar con el juicio colectivo de la sociedad, que selecciona entre las prácticas que pretenden ser epistémicas aquellas a las que legitima o confiere autoridad sobre las mentes, probablemente por sus resultados prácticos.

2.2 Las ciencias como cuerpos de conocimientos teóricos

Otro significado de la palabra ‘ciencia’ la refiere a un determinado cuerpo o conjunto organizado y sistemático de **conocimientos teóricos**. En la subsección anterior se introdujo de paso el concepto designado con el término ‘conocimientos teóricos’, cuya comprensión es clave para entender la naturaleza de las ciencias. Dijimos que la finalidad de cualquier ciencia es buscar explicaciones verdaderas e interrelacionadas de una cierta clase de fenómenos, que constituyen su objeto de estudio, dando respuestas a ciertos interrogantes que en conjunto determinan un campo problemático. Estas explicaciones se tejen a partir de las herramientas cognoscitivas construidas por los practicantes de esa ciencia del pasado, los sistemas de conceptos que suministran las lentes interpretativas a través de las cuales se da sentido a los datos, es decir las observaciones controladas y objetivadas del fenómeno objeto de estudio.

Para comprender la naturaleza de las teorías de la educación es necesario tener una adecuada comprensión acerca de qué es en general una teoría. Se trata de una cuestión filosófica complicada y sutil, en la cual hay muchas posiciones contrapuestas (Bunge, 1981, 1982; Echeverría, 1995; Feyerabend, 1974; Kuhn, 1975; Lakatos, 1974, 1983; Popper, 1983; Toulmin, 1972), pero que intentaremos simplificarla en la medida de lo posible siguiendo en parte la cuidadosa exposición de Moore (1980).

En el lenguaje corriente utilizamos la palabra 'teoría' para referirnos a una opinión verosímil sobre un estado de cosas problemático, que demanda una explicación. Decimos que tenemos una teoría para explicar el extraño ruido de la lavadora cuando afirmamos que quizás una cucaracha se quemó dentro del motor. Consideramos verosímil esta afirmación, aunque todavía no tenemos pruebas de que sea verdadera, porque sabemos que las cucarachas suelen rondar en espacios húmedos y calientes, que los motores se calientan, etc. Así pues, nuestras teorías "de andar por casa" se tejen a partir de las generalizaciones del conocimiento cotidiano más o menos implícitas. Las teorías científicas son también intentos de explicar estados de cosas problemáticos recurriendo a una base de conocimientos generales. Se diferencian de las teorías construidas a partir del conocimiento común en que la base de conocimientos sobre las que las teorías científicas se apoyan es explícita y ha sido construida y validada socialmente, mediante un proceso social o una práctica epistémica legitimada, que a su vez legitima la respectiva base de conocimientos. Sin embargo, la palabra 'teoría científica' se refiere más propiamente a esta base de conceptos, principios y modelos muy generales y abstractos, desde la que se construyen las hipótesis científicas, es decir las explicaciones de los fenómenos específicos.

Y es que los fenómenos naturales, y en menor grado los sociales, tienden a producirse de acuerdo con ciertas pautas regulares, que constituyen uniformidades discernibles en nuestra experiencia. Una de las tareas del científico es describir y dar cuenta de estas uniformidades, estableciendo conexiones entre ellas. De esta manera puede ofrecer explicaciones de lo que sucede y predecir el curso futuro de los acontecimientos. Las **leyes de la naturaleza** son enunciados generales que describen tales regularidades, en lo posible en un lenguaje matemático. Una teoría científica en sentido estricto es un intento de explicar un conjunto de leyes de la naturaleza "subsumiéndolas" en una explicación más general, invocando entidades y procesos no observables, como las fuerzas, la masa, etc., y acudiendo a "generalizaciones de segundo orden", como las leyes de Newton (que no constituyen propiamente leyes de la naturaleza –generalizaciones de primer orden–, sino que definen un marco conceptual desde el cual podemos interpretar los fenómenos).

Ahora bien, *"existe una diferencia entre las teorías científicas y otra clase de teorías, entre las que se incluyen las teorías de la educación. La ciencia es fundamentalmente un asunto que tiene que ver con la explicación. El objetivo principal al hacer ciencia es captar la verdad sobre el mundo y expresar esa verdad en forma de leyes de la naturaleza. Es*

*cierto que tales leyes, una vez establecidas, pueden usarse no sólo para explicar lo que sucede, sino también para que podamos predecir y hasta cierto punto controlar el futuro. Pero el científico en cuanto tal no tiene por qué hacer recomendaciones respecto al uso que se ha de dar al conocimiento que él proporciona. La cuestión de **cómo** podemos controlar acontecimientos futuros puede ser competencia del científico, pero no lo es la decisión de ejercer ese control y la forma cómo se lleve a cabo. (...) Podemos, pues, hacer una distinción entre teorías explicativas, como las de Newton y Wegener, y teorías prácticas. (...) La diferencia puede establecerse simplemente diciendo que mientras una teoría científica pretende decirnos qué ocurre, [una teoría práctica, como las de la moral, la medicina, la política o la educación] pretende decirnos qué tenemos que hacer" (Moore, 1980, págs. 17-18). Más específicamente, una teoría práctica está constituida por un conjunto de recomendaciones fundamentadas y razonadas para orientar la actuación de quienes se ocupan de la consecución de ciertas finalidades o la satisfacción de ciertas necesidades sociales. Esta fundamentación está apoyada, **en parte**, en una base de conocimientos teóricos pertinentes, que indican lo que es posible conseguir y establecen correlaciones entre fines y medios. Pero sólo en parte, pues el conocimiento teórico nada nos dice acerca del *deber ser*, de la deseabilidad y moralidad de los fines de la actuación humana y los medios para lograrlos. Esta distinción nos aleja entonces de las prácticas epistémicas y nos mete de lleno en las no epistémicas, entre las que destaca la educación.*

3. La educación como una práctica social no epistémica

En las sociedades modernas existen muchas prácticas sociales, además de las epistémicas, cuya finalidad es producir *ex novo* conocimiento teórico validado. Por ejemplo, la medicina es una práctica social cuya finalidad es curar a los enfermos. En este trabajo consideramos el proceso social denominado 'escolarización' o 'educación formal', o para abreviar 'educación', con la salvedad de que la educación en su pleno sentido (la Educación, con mayúsculas) abarca la acción formativa de todos los agentes socializadores de las nuevas generaciones, y no simplemente la acción educativa que se realiza en las instituciones escolares. Precisar y justificar filosóficamente la finalidad global de esta práctica social, o mejor de este conjunto de prácticas sociales, es uno de los objetos primordiales de la teoría práctica denominada *teoría de la educación*. Y es que dicha finalidad ha sido desde la antigüedad materia de prolíficos debates, desde Platón con su concepción de la formación del "hombre justo" para una sociedad estamental y jerárquica (Moore, 1980, pp.42-47). La razón de estos desacuerdos es inmediata: en contraste con la Medicina, sobre cuya finalidad es imposible no estar de acuerdo, la finalidad de la Educación depende de toda la concepción ontológica y antropológica asumida como punto de partida.

Sin embargo, si admitimos que la educación en ciencias es un aspecto "esencial" de la educación escolar (sea cual sea su papel en la Educación), podemos soslayar hasta cierto punto la perplejidad posmoderna sobre el ser último del mundo, del hombre y de la sociedad. En efecto, podemos asumir el creciente consenso acerca de la "alfabetización

científica” como la finalidad de la educación en ciencias para la población en general en la sociedad contemporánea, altamente dependiente de los productos tecnológicos basados en las ciencias naturales (Fourez, 2005; Roberts, 2007). La alfabetización científica supone aprender algo de ciencia, aprender sobre la ciencia y fomentar capacidades, disposiciones, actitudes y valores propicios a la ciencia y a una visión científica del mundo, y que posibiliten la participación de todos los ciudadanos en las decisiones que los afectan relacionadas con las interacciones entre ciencia y sociedad. La didáctica de las ciencias desde los años sesenta hasta finales de los noventa del siglo pasado estuvo centrada en el aprendizaje de los conocimientos científicos conceptuales tradicionalmente incluidos en los currículos oficial u oficiosamente obligatorios en la mayoría de los países. Su campo problemático estaba centrado alrededor del interrogante: ¿Por qué una proporción tan alta de estudiantes fracasa en las asignaturas de ciencias y qué se puede hacer para mejorar esa situación? Más recientemente se ha cuestionado el presupuesto implícito de que el objetivo esencial de la educación en ciencias en los niveles básico y medio es preparar a los estudiantes para proseguir sus estudios universitarios en carreras basadas en las ciencias, además de seleccionar a quienes no eran aptos para ello. No obstante, el corpus de conocimientos que se encuentra ahora en los textos contemporáneos de didáctica de las ciencias todavía responde esencialmente al interrogante señalado, pues el proceso de clarificación de lo que significa precisamente la alfabetización científica está en plena marcha.

Pero los docentes no podemos esperar a que los especialistas y los filósofos de la educación se pongan de acuerdo sobre la finalidad de la educación científica, en el marco de la finalidad de la educación escolar y de la Educación, para continuar adelantando nuestras prácticas cotidianas. Pues tenemos que distinguir la teorización educativa de lo que sucede en el día a día de cada aula. La primera siempre estará en revisión y discusión, pues el esclarecimiento de las finalidades educativas y de los medios didácticos más eficaces para lograrlas dependen de las cambiantes perspectivas y tendencias socioculturales y de los conocimientos teóricos, siempre provisionales, de la psicología como ciencia de base y de los resultados de las investigaciones teóricas específicamente educativas en sus muchísimas variantes. Pero lo segundo, la práctica cotidiana del maestro, no puede estar supeditada a estas discusiones académicas y eruditas. Hemos de tomar decisiones definidas y determinadas al preparar nuestra próxima clase, sobre cuáles serán sus contenidos y sobre **cómo** se trabajarán para que la clase funcione –y para que, en lo posible, se maximice el aprendizaje de los estudiantes-. En consecuencia, el saber concreto que nos permite tomar estas decisiones contextualizadas sobre la finalidad concreta del quehacer profesional cotidiano no puede ser la teoría abstracta y descontextualizada de los teóricos educativos. Tiene que ser un saber “encarnado”, vital y experiencial; es decir, un saber cuya fuente esencial es nuestra vida vivida como maestros, y que radica en los propios valores, creencias y convicciones profundas e implícitas, en nuestro ser de maestro con su unicidad irrepetible.

Por supuesto, además de esta "teoría" práctica personal de la educación, quizás implícita, de la que dependemos para la elección de los objetivos educativos que queremos que nuestros estudiantes alcancen como resultado de nuestra interacción con ellos, necesitamos competencias profesionales para **hacer posible** el logro de tales objetivos. Es decir, necesitamos capacidades que nos habiliten para tomar decisiones acertadas sobre la marcha, ya no tanto al preparar la clase sino al realizarla. Estas capacidades son el equivalente en nuestra profesión a las capacidades que habilitan al médico para intervenir apropiadamente con vistas al logro del objetivo de su práctica, la solución al problema de salud de su paciente. Ahora debe ser clara la diferencia fundamental entre las ciencias -las prácticas sociales epistémicas-, y las prácticas sociales no epistémicas como la educación, la medicina o la administración, con sus respectivas teorías prácticas, tanto personales o implícitas como formales o explícitas.

4. Saber práctico y teorías prácticas

Las competencias que exhiben los profesionales ante las situaciones irrepetibles e impredecibles de su práctica, marcadas por incertidumbres, complejidades, conflictos de valores, ..., no pueden entenderse simplemente como la **aplicación** del conocimiento teórico de las ciencias, bien sean naturales o sociales, a las tareas y problemas de la práctica (Schön, 1998). Se trata más bien de un "conocer-en-acción", un **saber** inconsciente e intuitivo manifestado y revelado en el desempeño exitoso frente a estos desafíos, un conocimiento encarnado y contextualizado. Y es que "*el ser humano tiene dos maneras de poseer y manejar información: la 'sabe' o la 'conoce'. Sólo conocemos, con mayor o menor precisión, lo que está en estado consciente de manera explícita. Por el contrario, saber es la permanencia de cualquier información o habilidad en la memoria. Cuando se hace consciente se convierte en conocimiento.*" (Marina, 1998, pág. 31). Estas competencias profesionales son similares a la competencia lingüística en virtud de la cual somos habitualmente capaces de producir y comprender el lenguaje al comunicarnos con nuestros semejantes, sin tener que pensar en las reglas gramaticales. Estos saberes se caracterizan entonces por su dependencia de los objetos y situaciones sobre los que se actúa, ya que es a través de la interacción e intercambio con estos como se tiene acceso a aquellos.

Pero cuando en la ejecución de sus acciones familiares los profesionales obtienen resultados inesperados, o sorpresas, ponen en marcha procesos de "reflexión en la acción" y "reflexión sobre la acción" (Schön, 1992a, 1998). La primera corresponde a un proceso de reflexión en presente, sin interrumpir las acciones, es un "pensar en lo que se hace mientras se está haciendo"; la segunda es en cambio un análisis deliberado y retrospectivo de la acción, un "pararse a pensar", configurando una especie de experimentación in situ. Estas dos formas de reflexión permiten a los profesionales desarrollar nuevas comprensiones de las situaciones y de las posibilidades de acción a través de un proceso en espiral de elaboración y replanteamiento, muy similar al proceso creativo del artista. Como resultado se reestructuran las maneras de formular los

problemas y las estrategias de acción: “*Ideamos y probamos nuevas acciones que pretenden explorar fenómenos recién observados, verificar nuestra comprensión provisional de los mismos, o afirmar los pasos que hemos seguido para hacer que las cosas vayan mejor*”(Schön, 1992b, pág. 38)

En la “reflexión desde la acción”, la epistemología de las prácticas profesionales identificada por Schön como alternativa a la epistemología dominante sobre las prácticas no epistémicas, la **racionalidad técnica** (Schön 1998, pág. 152), el conocimiento teórico producido por las ciencias tiene también su papel, pero mucho más limitado. En esta perspectiva la acción profesional ya no se reduce a identificar problemas específicos en términos de los problemas estructurados desde las ciencias que fundamentan una profesión, y a la aplicación rigurosa y sistemática de las respectivas técnicas de solución que se han elaborado desde dichas ciencias. Así pues, ya no se presupone que los problemas de la práctica son rutinarios, cognoscibles con antelación, y que están sujetos a un conjunto de reglas generalizadas que son aplicables a múltiples contextos.

No obstante, es importante destacar que los procesos individuales de reflexión en la acción de los profesionales están estructurados dentro de la “práctica profesional”, entendida como el sistema de convenciones, limitaciones, lenguajes, valores, repertorios de ejemplos, conocimientos sistematizados y conocimientos en acción, característicos de una comunidad profesional. Cuando alguien aprende el “arte de una práctica”, se inicia en las tradiciones de la comunidad de practicantes y en el mundo que ellos habitan.

Ahora bien, los practicantes exhiben diferentes niveles de competencia en el ejercicio de su oficio. La identificación y preservación de las buenas prácticas, así como el desarrollo de las tradiciones de la comunidad, de las herramientas del oficio, para poder hacer frente al cambio social, cultural y tecnológico son uno de los objetos de estudio de la respectiva *teoría práctica* (formal, por oposición a personal o privada, en buena parte implícita, el saber práctico). Pero ésta no puede **prescribir** al practicante lo que debe hacer en su día a día, pues las situaciones a las que debe responder son impredecibles y caleidoscópicas. Sin embargo, son necesarias en cuanto constituyen la base de conocimientos para la formación inicial de los futuros practicantes.

Así pues, y volviendo al caso de la educación en ciencias, la teoría de la educación no está en condiciones de prescribir al maestro reglas para su actuación, pero proporciona la base de conocimientos para la formación pedagógica y didáctica inicial de los maestros, a la par de la formación en las disciplinas o prácticas objeto de enseñanza y aprendizaje. La transformación del conocimiento teórico **sobre** el estudiante, el currículo, el aprendizaje, los medios didácticos, ... que adquiere el maestro principiante durante su formación inicial, hasta convertirse en el saber práctico del veterano es el proceso de desarrollo profesional, un proceso extremadamente complejo y del cual todavía se sabe poco, teóricamente y prácticamente (Marcelo & Vaillant, 2009).

5. La Didáctica de las Ciencias Experimentales como una *tecnociencia*

*La profesión de enseñar se concreta en el **diseño** de unidades didácticas orientadas al aprendizaje de unos contenidos por parte de alumnos, que forman parte de un determinado contexto y tienen unas características específicas.* (Sanmartí, 2002, pág. 179). Esta afirmación nos permite entender la afirmación de Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003), que compartimos: *las didácticas [específicas] son tecnociencias, o ciencias de diseño como las ingenierías: están guiadas por la voluntad de mejorar los procesos de enseñanza de los diversos contenidos curriculares específicos. Los problemas de investigación de las didácticas específicas son problemas eminentemente curriculares, que aparecen de la interacción entre las diversas componentes del sistema didáctico: profesor, alumno, contenido y contexto* (p.14). De hecho, el carácter de ciencia de diseño de ambientes y estructuras para el aprendizaje ha llevado a algunos autores a utilizar el término 'ingeniería didáctica' para referirse a esta disciplina (Artigue, 1988). En los términos introducidos en este trabajo, la concepción de Izquierdo y Adúriz-Bravo, o la de Artigue, puede formularse como la identificación de la didáctica de las ciencias naturales con la teoría práctica formal para la componente de la Educación que es la educación en ciencias.

Así pues, y teniendo en cuenta todo lo dicho en las páginas anteriores, las fuentes de la teorización didáctica para esta área curricular se podrían organizar en los siguientes elementos, sin que su orden de enumeración suponga una jerarquía valorativa o de importancia⁴:

1. La filosofía de la educación, que clarifica los conceptos básicos como educación, enseñanza, conocimiento, etc., y justifica los fines educativos (Moore, 1980).
2. Las disciplinas científicas objeto de enseñanza, considerándolas tanto en sus contenidos y métodos propios como en su historia y epistemología (Matthews, 1990).
3. Las disciplinas científicas como la psicología, que estudia al sujeto de la educación, destacando aspectos como la cognición y la afectividad, su desarrollo evolutivo, el aprendizaje, etc. (Gutiérrez, Serrano, Marco, & Olivares, 1990; Inhelder & Piaget, 1972; Piaget, 1980; Pozo, 1989; Vázquez & Manassero, 1995); la sociología, que estudia la sociedad y la cultura, el contexto más amplio del proceso educativo (Brigido, 2006); la lingüística, que estudia el lenguaje, por cuanto la educación es esencialmente un proceso comunicativo (Edwards & Mercer, 1988; Lemke, 1997).
4. El saber práctico de los practicantes, en especial los que son calificados como excelentes por sus colegas y estudiantes (Abell, 2007; Lowman, 1996; Shulman, 2005).
5. La investigación específicamente dirigida a estudiar científicamente el sistema didáctico en un aula de ciencias, integrando las aportaciones pertinentes de las fuentes anteriores (Johsua & Dupin, 2005).

⁴ De hecho, si se tuviera que establecer una jerarquía entre estas cinco fuentes, habría que poner en muy alto lugar el saber práctico de los docentes, por lo dicho en la sección 4 y que enseguida se desarrollará un poco más.

La didáctica de las ciencias establece una relación especial y compleja con las propias ciencias, funcionando a modo de una disciplina metacientífica junto con la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003), pero sin perder por ello su orientación básica hacia el mejoramiento de la educación en ciencias. Ha construido un vocabulario y un sistema conceptual con vistas a permitir a la comunidad de investigadores en este ámbito comunicarse entre sí evitando en lo posible toda ambigüedad, aunque este ideal está todavía lejos de lograrse. Por ejemplo, en casi todos los manuales se encuentran términos como los de sistema didáctico, situación didáctica, contrato didáctico, transposición didáctica, cambio conceptual, modelación, etc. (Johsua&Dupin, 2005; Marín, 1997; Sanmartí, 2002). De esta manera, la didáctica de las ciencias intenta construir una teoría referente a las interacciones presentes en el sistema didáctico cuando el saber que constituye el objeto de transmisión o construcción está relacionado con las ciencias naturales. En cuanto esta teoría se sitúa en la intersección de las diferentes disciplinas mencionadas en los numerales 1 a 3 y también se funda en el saber práctico de los buenos docentes, puede considerarse que estamos frente a un **nuevo** dominio disciplinar, específicamente diferente de las ciencias de base. Pero se trata de una teoría práctica, puesto que entre sus presupuestos se cuentan los que se refieren al deber-ser de la educación, y sus conclusiones están primordialmente en función del **mejoramiento** de la educación en ciencias, y no tanto del incremento en el conocimiento teórico y explicativo **sobre** la educación, que es el objetivo de las diversas teorías **sobre la educación** (cfr. Moore, 1980, pág. 102; este autor distingue éstas de la teoría **de** la educación, a saber la teoría práctica formal respectiva).

La concepción del estatus epistemológico de las didácticas especiales defendida en este trabajo no es la única existente en la literatura. Algunos autores (Gil et al., 2000) sostienen que la didáctica de las ciencias tiene un estatus científico, a la par de las demás ciencias sociales; en el lenguaje introducido en la sección 2.1, esta opinión concibe la tarea esencial de la investigación en didáctica de las ciencias como la producción y validación de una teoría **explicativa** sobre la educación en ciencias, y no de una teoría práctica **de** la educación en ciencias. Sin embargo, si se examinan con cuidado las publicaciones de estos autores, se comprueba con facilidad que su intencionalidad es ofrecer recomendaciones sobre lo que constituye una buena educación en ciencias.

Algunos de quienes sostienen esta postura no parecen tener en cuenta, como una de las fuentes esenciales del conocimiento didáctico, el saber práctico de los practicantes; en consecuencia, tienden a concebir "prescriptivamente" sus hipótesis sobre cómo educar en ciencias. Esto significa que se ve la práctica profesional del docente más como una **aplicación** del conocimiento teórico generado por los investigadores educativos, lo que Schön (1982, 1998) llama una epistemología de la práctica determinada por la *racionalidad técnica* (ver n.4), en la que el papel del docente es más el de un técnico que el de un profesional reflexivo. En cambio, en la concepción de la didáctica de las ciencias como una tecnociencia, se ve el trabajo del educador en ciencias de forma similar al del médico o el ingeniero al enfrentar los problemas mal definidos, complejos e inciertos de su

respectiva práctica profesional. Los conocimientos teóricos de la fisiología, de la farmacología, de la física, de la matemática, de la ciencia de los materiales, así como las respectivas teorías prácticas, son herramientas de trabajo del médico o del ingeniero más o menos importantes, pero la principal herramienta es su "ojo clínico", el saber intuitivo tácito y encarnado construido poco a poco a lo largo de la vida profesional.

Otro punto de controversia sobre el estatus epistemológico de la didáctica de las ciencias experimentales se refiere al grado de consenso alcanzado por los investigadores del campo: ¿hasta qué punto el campo ha alcanzado, utilizando el lenguaje de Kuhn (1975) el "estadio paradigmático", o permanece todavía en un estadio preparadigmático? Esta controversia tiene mucho más sentido si concebimos la didáctica como una ciencia teórica cuyo objetivo es construir generalizaciones universales y sistemas conceptuales con capacidad explicativa y predictiva, pero no tiene tanto sentido si la concebimos como la generación de **teorías prácticas** para "orientar" no prescriptivamente al educador en sus decisiones cotidianas, en su práctica reflexiva, enfrentado a situaciones irrepetibles y complejas. Teniendo en cuenta la perspectiva de este ensayo sobre la didáctica de las ciencias como el empeño de construir una teoría práctica que guíe la formación inicial y el desarrollo profesional de los docentes en ciencias y no como una ciencia teórica, no hace falta detenerse en esta candente controversia⁵.

Conclusiones

Volviendo a la pregunta inicial, hemos defendido en este artículo la concepción que ve la didáctica de las ciencias experimentales como la teoría práctica formal (o tecnociencia) de la educación en ciencias. Entendida así, esta disciplina constituiría una ciencia en el sentido estricto de la palabra; en efecto, su objetivo no sería construir explicaciones verdaderas sobre el mundo (conocimientos teóricos generales) sino mejorar una práctica social contextualizada, la educación en ciencias. Es decir, sería ofrecer elementos de juicio a los docentes para responderlas preguntas esencialmente prácticas exigidas por su quehacer cotidiano: ¿qué ciencia enseñar?; ¿cómo enseñar esa ciencia y esos contenidos? Por supuesto, para lograr este objetivo requiere, entre otros conocimientos teóricos, conocimientos sobre el sujeto de la educación en ciencias, los diferentes contextos en los que se dan los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, las condiciones que permiten optimizar estos procesos, etc. Parte de estos conocimientos teóricos provienen de las ciencias humanas, y parte han de ser generados por los mismos investigadores en didáctica de las ciencias. De hecho, si revisamos muchas de las publicaciones en las revistas científicas usualmente asociadas a este campo encontraremos muchas investigaciones cuyo objetivo específico es producir conocimiento teórico sobre los fenómenos didácticos en el aula de ciencia, sobre los contextos pertinentes, etc. Pero el propósito último de estas investigaciones, casi siempre explícito, no es el conocimiento por

⁵ Marín (1997, págs. 20-22) se pronuncia fuertemente en contra de la opinión prevalente entre una buena parte de los didácticos de la ciencia, de que el "consenso constructivista" permite hablar de que la didáctica de las ciencias experimentales ya ha alcanzado el estadio de ciencia normal, en el sentido de Kuhn (1975).

el conocimiento, sino el mejoramiento de esa práctica social tan compleja que es la educación en ciencias.

Referencias

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. En S. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (págs. 1105-1140). New York: Routledge.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3).
- Aliberas, J., Gutiérrez, R., & Izquierdo, M. (1989). La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 277-284.
- Artigue, M. (1988). Ingénierie Didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Brigido, A. M. (2006). *Sociología de la Educación: Temas y Perspectivas Fundamentales*. Córdoba (Argentina): Editorial Brujas.
- Bunge, M. (1981). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1982). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel.
- Chalmers, A. F. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 741-770.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1988). *El conocimiento compartido: el desarrollo de la comprensión en el aula (Orig.; Commonknowledge; The Development of understanding in the classroom, 1987)*. (R. Alonso, Trad.). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Feyerabend, P. K. (1974). *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- Fourze, G. (2005). *Alfabetización Científica y Tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias (Orig.: Alphabétisationscientifique et technique: Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences, 1994)*. Buenos Aires: Colihue.
- Gil, D., Carrascosa, J., & Terrades, F. M. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En F. J. Perales & P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 11-34). Alcoy: Marfil.
- Gutiérrez, R. (1987). La investigación en Didáctica de las Ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39 (268), 339-362.
- Gutiérrez, R., Serrano, T., Marco, B., & Olivares, E. (1990). Bases psicológicas del diseño curricular en el área de ciencias. En *Enseñanza de las Ciencias en la Educación Intermedia* (págs. 82-124). Madrid: Rialp.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos

- Aires: Paidós.
- Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2002). Relaciones de la didáctica de las ciencias naturales con otras disciplinas científicas. En A. Adúriz-Bravo, G. Perafán, & E. Badillo (Eds.), *Actualización en Didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas* (págs. 13-22). Bogotá: Magisterio.
- Johsua, S., & Dupin, J. J. (2005). *Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática (Orig: Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques, 1993)*. (A. B. Narvaja & N. Roggier, Trads.). Buenos Aires: Colihue.
- Kuhn, T. S. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1974). *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores (Orig: Talking Science: language, learning and values, 1993)*. (García, A. et al, Trad.). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Linn, M. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- Lowman, J. (1996). Characteristics of Exemplary Teachers. *New directions for teaching and learning*, 65 Spring, 33-40.
- MacIntyre, A. (1987). *Tras la virtud (Orig. After virtue, 1984)*. Barcelona: Crítica.
- Marcelo, C., & Vaillant, D. (2009). *Desarrollo profesional docente*. Madrid: Narcea.
- Marín, N. (1997). *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marina, J. A. (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Matthews, M. R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- Millán-Puelles, A. (1984). *Léxico Filosófico*. Madrid: Rialp.
- Moore, T. (1980). *Introducción a la teoría de la educación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Oliva, J. M. (2006). Seminario internacional sobre "el estado actual de la investigación en enseñanza de las ciencias". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 167-171.
- Piaget, J. (1980). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- Popper, K. R. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

- Roberts, D. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. En S. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (págs. 729-780). New York: Routledge.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Schön, D. (1992a). The Theory of Inquiry: Dewey's Legacy to Education. *Curriculum Inquiry*, 22(2), 119-139.
- Schön, D. (1992b). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia el nuevo diseño de enseñanza y aprendizaje*. Madrid: Paidós.
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona: Paidós.
- Shulman, L. (2005). Conocimiento y Enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma (Orig: Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform, Harvard Educational Review, 1987). (A. Ide, Trad.) *Revista de currículum y formación del profesorado*, 2(2), 1-30.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts*. Princeton: Princeton University Press.
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la Ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337-346.