

En Echeverría, J. (1995): *Filosofía de la Ciencia*. Madrid: Akal. Pp 141-159

VI. ENSEÑAR A CONOCER CIENTÍFICAMENTE

Kant comenzó su *Crítica de la Razón Pura* con las siguientes frases, escritas bajo la rúbrica "De la distinción del conocimiento puro y empírico":

"No se puede dudar que todos nuestros conocimientos comienzan con la experiencia, porque, en efecto, ¿cómo habría de ejercitarse la facultad de conocer, si no fuera por los objetos que, excitando nuestros sentidos de una parte, producen por sí mismos representaciones, y, de otra, impulsan nuestra inteligencia a compararlas entre sí, enlazarlas o separarlas, y de esta suerte componer la materia informe de las impresiones sensibles para formar ese conocimiento de las cosas que se llama experiencia?"¹⁵⁶.

Difícilmente puede mantenerse este planteamiento, ni siquiera como punto de partida que posteriormente vaya a ser modificado, al menos si pensamos en el conocimiento científico. De seguir al pie de la letra estas frases kantianas, podría parecer que el conocimiento es cosa de Robinsones perdidos en alguna isla desierta y confrontándose en ella con objetos que excitan sus sentidos y su facultad de conocer, hasta el punto de que todo el edificio del conocimiento, con su inmensa complejidad y especialización, podría surgir por la simple interacción entre el sujeto dotado de una facultad de conocer y los objetos percibibles por los sentidos.

Es sabido que Kant criticó ulteriormente esos planteamientos de rai-gambre empirista. Sin embargo, el mero hecho de plantear el debate en esos términos tuvo, a nuestro entender, consecuencias poco deseables para

¹⁵⁶ E. Kant, *KrV*, Introducción, I, p. 76 de la ed. Sopeña, Buenos Aires, 1961.

la teoría kantiana del conocimiento científico. Y aunque Kant defendió enérgicamente la racionalidad en el ámbito de la práctica, a diferencia de Hume¹, lo cierto es que ello tuvo lugar pagando el precio de la separación estricta entre el conocimiento y la praxis científica. Contrariamente a estos planteamientos kantianos, conviene partir de los siguientes puntos en todo cuanto se refiere al conocimiento científico:

1. No es posible que un ser humano adquiera conocimiento científico sobre cualquier tema sin partir de un conocimiento humano previo sobre dicho tema. Por consiguiente, el conocimiento científico no sólo ha de ser comunicable, sino que ha de haber sido comunicado para poder ser científico. A partir de ese requisito previo, el conocimiento transmitido podrá ser rechazado, corregido, mejorado o modificado radicalmente. Pero cada transformación del conocimiento heredado debe hacerse en base a razones y a argumentos críticos en contra de lo aprendido.

2. La principal forma de comunicación del conocimiento científico es la enseñanza, precisamente porque trasciende la contemporaneidad. La profesionalización de la ciencia trajo consigo un cambio radical de la actividad científica, y entre sus múltiples consecuencias conviene destacar la institucionalización de la enseñanza de la ciencia, y en concreto de la *enseñanza obligatoria de la ciencia*. A partir de ese momento, la transmisión del conocimiento quedó normalizada socialmente.

3. Uno de los primeros objetivos de la educación científica consiste en enseñar a conocer los objetos de la ciencia, por una parte, pero también los instrumentos que luego permitirán conocer más objetos científicos, y con mayor detalle. La alfabetización científica pasa por el aprendizaje de lo que son las letras, los números, las operaciones matemáticas, los métodos de clasificación; pero también pasa por el aprendizaje de lo que hay que mirar a través de un microscopio o de lo que hay que hacer con una probeta. Si un ser humano no aprende a manejar adecuadamente los instrumentos científicos (la regla, el compás, el termómetro, el ordenador, etc.) no puede acceder al saber científico.

4. La enseñanza de la ciencia implica una acción (docente) de unas personas sobre otras. Para cada ser humano individual, un alto grado de aprendizaje de lo que es la ciencia, tal y como puede lograrlo a partir de lo que le dicen y le enseñan otros seres humanos, resulta imprescindible para poder acceder al saber científico.

5. No hay conocimiento científico individualizado sin la previa mediación de otros seres humanos que han comunicado dicho conocimiento y, sobre todo, han enseñado a conocer científicamente. La ciencia no surge porque los objetos excitan nuestros sentidos y producen en nuestras mentes representaciones, sino porque otros seres humanos nos animan, o incluso nos obligan a fijarnos en determinados objetos, así como a fijarnos en ellos de determinada manera y con ayuda de determinados instrumentos. *No hay experiencia científica que no parta de una experiencia previa*. Socialmente hablando, estas experiencias previas son innatas (previas a la mente) para el aprendiz de científico y constituyen un saber aceptado y canonizado para el maestro que las enseña, las comunica y las transmite a otros seres humanos. Las representaciones científicas que se utilizan en el contexto de educación no están generadas por los objetos, sino por los agentes docentes: son estrictamente artificiales.

Toda esta actividad educativa puede iniciarse en los ámbitos domésticos, pero tiene como escenarios principales la escuela, las universidades y los medios de difusión del conocimiento científico. La enseñanza de un saber científico previamente constituido es condición necesaria, aunque no suficiente, de la constitución del sujeto científicamente cognoscente. La facultad de conocer de la que hablaba Kant (*Erkenntnisvermögen*) ha de ser adecuadamente excitada generación tras generación por personas formadas científicamente, animando y motivando a los neófitos para que se interesen por el saber científico y pasen por las duras mediaciones que hay que superar para adquirir una competencia en un campo concreto de la ciencia. La experiencia de la que habla Kant, por consiguiente, es una *experiencia socialmente mediatizada*.

Ello por dos motivos fundamentales. El primero: la intelección de los objetos del conocimiento científico depende radicalmente del lenguaje y de los sistemas de signos que utilizan los científicos; es decir, de construcciones sociales altamente artificializadas. En segundo lugar: si pensamos en los objetos científicos tal y como éstos son entendidos por la ciencia actual, tampoco cabe duda de que las representaciones bajo las cuales dichos objetos se ofrecen a nuestros sentidos también están mediatizadas. Baste pensar en las enciclopedias ilustradas, en los programas televisivos de difusión científica o en los ordenadores domésticos para comprobar que siempre existe una mediación social en todo aprendizaje de la ciencia. Un niño y una niña nunca acceden al conocimiento científico confrontándose con la naturaleza, sino con representaciones artificializadas de la misma. Por eso cabe hablar de una *epistemología artificializada*, y no de una epistemología naturalizada. Por lo que se refiere a los individuos (y ellos son la base de las

¹ Véase el apartado III. 1.

concepciones evolucionistas), la enseñanza es un proceso de adaptación a un entorno social, y no a un medio natural.

V.2. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS HECHOS CIENTÍFICOS

En una célebre polémica con Le Roy, Poincaré distinguió entre los *hechos brutos* y los *hechos científicos*. Proponía para ello el siguiente ejemplo:

"Observo la desviación de un galvanómetro con ayuda de un espejo móvil que proyecta una imagen luminosa sobre una escala graduada... El hecho bruto es: '*veo la 'imagen luminosa' correrse sobre la escala*'; el hecho científico es: '*pasa una corriente sobre el circuito*' "¹⁸.

No es lo mismo un hecho que un hecho científico. Como señalaron Popper, Hanson y otros muchos, la observación de los científicos está impregnada o cargada de teoría. Allá donde una persona normal y corriente, e incluso un etnometodólogo, sólo ve el movimiento de una imagen luminosa, los científicos ven el paso de una corriente eléctrica, precisamente porque han construido una serie de artefactos (el galvanómetro, el espejo, la escala graduada) con la finalidad de observar ópticamente y luego medir el paso de una corriente, y todo ello en base a una teoría previa que hay que conocer para poder observar científicamente el fenómeno.

Pues bien, otro tanto cabe decir de los objetos, en la medida en que éstos sean objetos de la ciencia. Cabe decir que hay objetos brutos y objetos científicos. La experiencia científica es distinta de la experiencia común porque depende de un saber previo. Ese saber previo nunca es simple. En el ejemplo antes mencionado, presupone varias teorías: como mínimo una teoría sobre la electricidad, otra sobre la óptica y una tercera sobre la medida. Mas también implica una serie de conocimientos prácticos: cómo manejar esos artefactos, cómo medir, cómo plasmar las medidas en resultados numéricos, cómo operar con esas cifras, etc. Cuando nuestros sentidos actúan en el espacio científico, ni las sensaciones, ni los hechos ni mucho menos los objetos están indeterminados. Por el contrario: diversos modos de determinación científica dan forma a esos objetos, y por consiguiente a nuestra intelección de los mismos. Los objetos han sido previamente transformados para ser presentados en un contexto científico. Por consiguiente, no sólo se transforma nuestro conocimiento de los objetos;

¹⁸ H. Poincaré, *Filosofía de la Ciencia*, México, UN AM, p. 48 (cap. X de *La valeur de la science*, París, Flammarion, 1905).

en la medida en que la observación y la experimentación son acciones e intervenciones sobre la realidad, los propios objetos brutos (o naturales) son modificados para convertirlos en objetos científicos (artificiales).

Hay autores que han afirmado que los hechos científicos no sólo están mediatizados socialmente, sino que son literalmente contruidos por los científicos. Nosotros no vamos tan lejos, pues nos limitamos a afirmar que han sido transformados por los científicos. Sin embargo, conviene detenerse en estas tesis construccionistas, porque no sólo son importantes para la sociología de la ciencia, sino también para la filosofía de la ciencia.

El gran predecesor de estas tesis construccionistas fue Fleck, quien, tras preguntarse:

"¿Qué es un hecho? Se considera hecho lo fijo, permanente y lo independiente de la opinión subjetiva del investigador, lo contrapuesto a la transitoriedad de las teorías. Es la meta de todas las ciencias. La crítica de los métodos para establecerlos constituye el objeto de la teoría del conocimiento" (Fleck, 1986, p. 43),

llevó a cabo una aguda crítica de esta concepción naturalista y estática de los hechos científicos.

Estas concepciones sobre los hechos habían sido muy habituales entre diversos teóricos del método experimental. Claude Bernard, por ejemplo, había afirmado ya en 1865 que las teorías eran puras hipótesis, que tarde o temprano serían refutadas o abandonadas. La base sólida de la experimentación científica eran los hechos:

"lo que no perecerá jamás son los hechos bien observados que las teorías efímeras han hecho surgir; éstos son los únicos materiales sobre los cuales algún día se elevará el edificio de la ciencia, cuando posea un número de hechos suficientes y haya penetrado lo bastante en el análisis de los fenómenos como para conocer su ley o su determinación exacta" (Bernard, 1966, p. 231).

La creencia en que la base empírica es común a todos los seres humanos y en que los hechos son el fundamento del conocimiento científico tiene una larga tradición, y no sólo entre los empiristas lógicos, sino también entre muchos científicos. Las teorías son construcciones humanas, mientras que los hechos son reales: descubrir un nuevo hecho es la aportación más sólida que se puede hacer al progreso de la ciencia. En el caso en que haya una contraposición entre hechos y teorías, la elección racional no tiene duda. Bernard enunció el siguiente precepto general del método experimental:

"cuando el hecho que uno encuentra está en oposición a una teoría reinante, hay que aceptar el hecho y abandonar la teoría, incluso en el caso en que ésta, sostenida por grandes nombres, esté aceptada por la generalidad de los científicos" (Ibid., p. 230).

Partiendo de esta epistemología empirista, que estuvo ampliamente difundida a finales del XIX y principios del XX, no es extraño que la obra de Fleck, publicada en 1935, en pleno auge del empirismo lógico, pasara relativamente inadvertida hasta que Kuhn y los sociólogos de la ciencia la resucitaron. Según Fleck, en efecto, no hay hechos científicos independientemente de la construcción social de los mismos:

"el conocer no es un proceso individual de una teórica *"conciencia en general"* (*Bewusstsein überhaupt*). Más bien es el resultado de una actividad social, ya que el estado del conocimiento en cada momento excede la capacidad de cualquier individuo" ... "Los tres factores que participan en el conocer —el individuo, el colectivo y la realidad objetiva— no son algo así como entidades metafísicas" (*o.c.*, pp. 86-7).

El conocimiento empírico siempre está mediatizado por la sociedad y por la comunidad de científicos, y en primer lugar por la educación:

"Sólo después de mucha experiencia, quizá tras entrenamiento preliminar, se adquiere la capacidad para percibir inmediatamente un sentido, una forma (*Gestalt*), una unidad cerrada. Al mismo tiempo, desde luego, se pierde la capacidad de ver cualquier cosa que contradiga dicha forma" (*Ibid.*, p. 138)¹⁶⁰.

Para ver un hecho científico, previamente hay que *saberlo ver*. La observación no es una operación intelectual pasiva. Requiere un aprendizaje y un entrenamiento previo. Puesto que dicho aprendizaje siempre se desarrolla en un marco social, el modo de ver la realidad de cada comunidad científica mediatiza los hechos. Y no hay que olvidar que, así como la enseñanza de las teorías puede ser crítica (hasta un cierto punto), cuando alguien enseña a otro a observar se procede dogmáticamente. El aprendizaje de científico tiene que ver lo que hay que ver, y no otra cosa. Sólo cuando haya adquirido una elevada competencia en la observación y en la experimentación científica podrá comenzar a liberarse de la visión del mundo que se le inculcó en el contexto de educación:

"Para cada profesión, para cada actividad artística, para cada comunidad religiosa, para cada campo de saber, hay un tiempo de aprendizaje, durante el cual tiene lugar una sugestión de ideas puramente autoritaria" (*Ibid.*, p. 150).

Estas tesis de Fleck han sido retomadas con mayor acuidad por Kuhn y por muchos sociólogos de la ciencia. La primera cuestión que les preocupaba a Latour y a Woolgar en su libro *Laboratory Life* era la siguiente:

"¿Cómo se construyen los hechos en un laboratorio y cómo puede un sociólogo dar cuenta de esa construcción?" (Latour y Woolgar, 1986, p. 40).

Como ya vimos en el primer capítulo, Latour y Woolgar procedieron como antropólogos que observaban las actividades de los científicos en el

laboratorio como si de una tribu se tratara. El principal resultado de su estudio, por lo que aquí nos interesa, consistió en afirmar que la construcción de los hechos en los laboratorios tiene lugar por medio de microprocesos de negociación que, una vez concluidos, y tras haber llegado a un consenso, pasan a ser automáticamente olvidados, de manera que los experimentadores afirman y recuerdan que fue gracias a procesos de pensamiento como llegaron a esos hechos (*Ibid.*, cap. 4). Latour y Woolgar se muestran muy críticos con respecto al hábito de los científicos de presentar como procesos cognitivos individuales lo que había sido debate, discusión social e interacción personal en el laboratorio. Insistían además en que, además de esos procesos consensuales, los elementos materiales presentes en el laboratorio tenían una gran importancia en la construcción de los hechos científicos (*Ibid.*, p. 238).

Este último punto debe ser tenido en cuenta, sobre todo teniendo presentes las afirmaciones de Hacking sobre la observación científica, que para él se basa en hacer y en intervenciones¹⁶⁰. Pero antes de volver sobre esta interrelación entre la práctica y el conocimiento científico en el contexto de investigación, conviene que no olvidemos la mediación previa que se deriva del contexto de educación, como Fleck señalaba. Aquí, en efecto, no es el consenso lo que prima, sino la instrucción asertiva y las órdenes estrictas. Las tesis de Latour, de Woolgar y de los constructivistas sobre la construcción de los hechos en los laboratorios no nos deben hacer olvidar que hay una construcción social previa de los hechos científicos, la educativa, que para nuestro objeto va a tener mayor interés.

V.3. LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA EN EL CONTEXTO DE EDUCACIÓN

Desde el momento en que la ciencia se concibe como actividad, y no sólo como conocimiento, es preciso caracterizar las acciones científicas. Si distinguimos los contextos de educación, innovación, evaluación y aplicación, conviene tener presente que la práctica científica abarca muy distintas actividades.

Algunas acciones típicas del contexto de educación son las siguientes:

- enseñar (o aprender) a ver fenómenos interesantes desde el punto de vista de la ciencia.
- enseñar (o aprender) a manejar artefactos en los laboratorios docentes: instrumentos de medida y de observación, aparatos experimentales, etc.

¹⁶⁰ Como es sabido, estas tesis de Fleck influyeron sobre Kuhn y sobre su tesis de la incommensurabilidad (perceptiva) entre paradigmas.

¹ Véase el apartado 1.4.

- enseñar (o aprender) a operar con una determinada notación (matemática, física, química, etc.) o con un determinado aparato (de medición, de observación, de tratamiento de datos, de simulación, etc.),

- enseñar (o aprender) una determinada teoría. Esto último sólo sucede en los niveles educativos superiores, que es cuando se comienza a enseñar a distinguir las diversas teorías científicas.

- elaborar (y usar) materiales docentes específicamente diseñados para los estudiantes y los profesores (libros de texto, ejercicios prácticos, materiales audiovisuales, etc.),

- diseñar (o cursar) planes de estudio y programas para cada materia,
- divulgar (o informarse de) el conocimiento científico al gran público,
- organizar y gestionar instituciones docentes,

- formar y reciclar al profesorado de Escuelas de Magisterio, Institutos, Universidades, etc.,

- encargar a una persona o a una comunidad científica que asuma la responsabilidad de la tarea docente,

- introducir nuevos métodos y contenidos para la enseñanza y la difusión de la ciencia,

- evaluar el resultado de todas estas acciones educativas (estudiantes, profesores, instituciones, materiales educativos, etc.).

Un curso universitario, un libro de texto, un ejercicio de laboratorio y un plan de estudios son *instrumentos educativos* y han sido diseñados en función de unos *valores* socialmente aceptados. La enseñanza de la ciencia combina y dosifica los diversos instrumentos en los que se encarnan dichos valores. Lo esencial es que, una vez determinados esos instrumentos y el orden en el que usarlos, los programas docentes han de ser seguidos estrictamente, e incluso al pie de la letra. A diferencia de lo que sucede cuando se enseñan otros saberes, no cabe plantear dudas ni críticas con respecto a esos contenidos: hay que aprender a manejar los instrumentos como es debido y hay que interiorizar los conocimientos tal y como vienen socialmente dados. Contrariamente a lo que la tradición empirista ha solido pensar, en el contexto de educación científica prima absolutamente el *deber ser*. Como ya se ha dicho anteriormente, en este contexto la ciencia se manifiesta como una acción *normalizadora* de las personas, que tiende a transformar sus conocimientos y sus destrezas en una dirección previamente establecida.

Si consideramos el escenario canónico del contexto de educación (el aula) advertiremos que la actividad que allí tiene lugar está determinada por un objetivo fundamental: el personal docente debe de transformar al personal discente mediante una serie de instrumentos y métodos educati-

vos, con el fin de que, al final del período lectivo, los estudiantes hayan adquirido unos conocimientos y unas habilidades prácticas que luego puedan usar y recordar. El proceso de educación científica es:

- **normalizador**: se trata de que todos los alumnos y alumnas lleguen a un nivel parecido de conocimientos teóricos y prácticos comunes. Se puede decir también que es igualitario, aunque sólo sea a título de ideal regulativo.

- **regulado**: para ello se ordenan los contenidos a enseñar y los materiales que deben ser utilizados y también se controla la actividad del profesorado, otorgando o quitando la *venia docendi*.

- **progresivo**: para acceder a un determinado curso o nivel es preciso haber superado unas pruebas correspondientes a los niveles precedentes.

- **público**: toda esa actividad docente y discente se lleva a cabo en instituciones públicas, que pueden ser gestionadas por la iniciativa privada o por las escuelas, institutos y universidades públicas.

- **universal**: se tiende a que todo ser humano puede acceder a una cultura científica básica, elemental o superior.

- **obligatorio**: se tiende a que ningún ser humano pueda ser excluido ni discriminado del acceso a la cultura científica, al menos hasta ciertas edades, que varían en función de los diversos países.

- **dogmático**: el estudiante de ciencias y de ingeniería no discute en el aula lo que se le enseña. Ha de limitarse a aprenderlo lo mejor posible. Si en algún sitio cabe hablar de lo dado, o si se quiere de un mundo y de una realidad dada, es en el contexto educativo. Ocurre, eso sí, que lo dado está socialmente dado.

- **controlado**: en cada nivel docente se valoran los conocimientos adquiridos en función de criterios de evaluación previamente establecidos, que se intenta sean objetivos, y no subjetivos.

Como puede verse, se trata de una acción ejercida por agentes sociales (los profesores, las instituciones) sobre seres humanos en proceso de formación, con el fin de transformar sus mentes, su percepción del mundo y sus habilidades prácticas. La ciencia es una cultura. El sistema educativo engloba una multiplicidad de acciones regidas por criterios y objetivos concretos, que a su vez están determinados por valores sociales generales. Las diversas comunidades científicas, representadas por los profesores, los directores de Centros, los autores de libros y materiales docentes y los diseñadores de planes de estudio, poseen su propio margen de acción, pero están mediatizados por criterios, objetivos y valores sociales más amplios que los que pueden mantener como individuos o como grupos. En el contexto de educación existe un espacio para la iniciativa y la creatividad individual, pero a la postre priman los referentes sociales a los que acabamos de aludir.

Otro tanto cabe decir, aunque con matizaciones, de la divulgación y de la difusión de la ciencia a un público más amplio, fuera ya de las aulas.

Dos de los instrumentos más característicos de la actividad científica en el contexto de educación son los libros de texto y las prácticas. Merece la pena detenernos brevemente en su análisis.

Para Kuhn,

"quizá el rasgo más sorprendente de la educación científica es que, en un grado desconocido en otros campos creadores, se lleva a cabo mediante libros de texto, escritos especialmente para los estudiantes"¹⁶¹.

Kuhn reconoce que otras muchas actividades educativas recurren también a los libros de texto, pero señala diferencias importantes entre los textos científicos y otro tipo de libros escolares o universitarios:

"en las ciencias, los diferentes libros de texto exponen diferentes materias, y no ejemplifican, como en las humanidades y muchas ciencias sociales, diferentes enfoques en un mismo ámbito de problemas" ...

"esos libros exponen, desde el comienzo mismo, problemas—soluciones que la profesión ha aceptado como paradigmas, y piden al estudiante que resuelva, con lápiz y papel o en el laboratorio, problemas actualmente modelados, en cuanto al método y la sustancia, según aquellos que el texto proporciona" (*Ibid.*, p. 83).

La enseñanza de la ciencia, según Kuhn, es dogmática y monoparadigmática. No se enseña la ciencia partiendo de las obras de los autores clásicos o de extractos de las mismas (como puede suceder en el caso de la literatura, del arte o incluso de la filosofía), sino que se reconstruyen las teorías científicas hasta agruparlas en una presentación sistemática y coherente, frente a la cual no se indica ninguna alternativa. La ciencia es enseñada como un conocimiento verdadero, que hay que admitir y aprender obligatoriamente tal y como viene presentado en los libros de texto.

Estas observaciones de Kuhn tienen gran interés, porque muestran que el contexto de educación científica no se caracteriza en absoluto por el fomento de la crítica como valor, sino por la obligatoriedad de los contenidos. Cada estudiante ha de interiorizar el contenido de los libros de texto; caso de no hacerlo adecuadamente, se verá obligado a repetir el curso hasta que lo logre, o en último término a abandonar sus estudios científicos y orientarse hacia otras profesiones. Todo científico ha tenido que superar este tipo de proceso educativo, notablemente duro, riguroso y estricto. Los libros de texto ejemplifican bien este tipo de valores, particularmente relevantes en el contexto de educación.

¹⁶¹ T.S. Kuhn, "The function of dogma in scientific research", en A.C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, Heinemann, 1963, pp. 347-69, traducido como "Los paradigmas científicos" en B. Barnes y otros, *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1980, pp. 79—102.

Vayamos al caso de las clases prácticas, en donde nos encontraremos con algo similar. En ellas no sólo se busca un conocimiento de la naturaleza, o del sistema empírico estudiado, sino sobre todo el aprendizaje de una serie de procedimientos y la adquisición de un conjunto de habilidades prácticas, sin las cuales no puede considerarse a un científico como un experimentador competente. Al estudiante no se le confronta con la naturaleza o con el mundo para ver qué es lo que ve allí, y cómo razona al respecto, sino que se le construye esa realidad o ese mundo obligándole a adaptarse a él. Estos procesos de adaptación obligatoria (éxito o fracaso) caracterizan la actividad docente en el caso de la ciencia. Conviene volver a insistir que, tratándose de procesos evolutivos, nada tienen que ver con la adaptación a la naturaleza, a no ser que se piense en una naturaleza artificializada en su casi totalidad, como es la que conocemos en la actualidad. Baste pensar en los programas televisivos de divulgación ecológica como la forma actualmente vigente de mirar la naturaleza.

Volviendo a las clases prácticas y al modo en que se plantean, vamos a ver que las instrucciones y las reglas para actuar son su aspecto más característico y definitorio. Rosa María Rodríguez Ladreda ha mostrado hasta qué punto ello es así, analizando con detalle algunos casos extraídos de la Física ^{1W}.

Un primer ejemplo estudiado por esta autora es el experimento consistente en la separación del alcohol por destilación, que ella describe así:

"Objetivo: Separar el alcohol de los colorantes y demás sustancias existentes en el vino comercial.

Método: Por medio de una destilación, consistente en una vaporización seguida de una condensación. Al calentar, las sustancias más volátiles (el alcohol) hierven, quedando las otras en estado sólido o líquido; el vapor en contacto con las paredes frías del refrigerante se condensa y lo recogemos al gotear en uno de sus extremos.

La destilación del alcohol ocurrirá sólo si mantenemos constante la temperatura a 60°. La ebullición del alcohol ocurrirá a más baja temperatura que la del agua. En caso de que la temperatura subiera se destilarían mezclados el alcohol y el agua" (*Ibid.*, p. 162).

Este ejemplo requiere muy poco conocimiento científico previo, y por lo tanto muestra hasta qué punto la ciencia en el contexto de educación consiste en acciones concretas, formuladas conforme a reglas, procedimientos e instrumentos precisos. La acción científica educativa está plenamente normativizada y puede llevarse a cabo sin que uno conozca todavía las teorías que subyacen a su práctica.

^{1W} Véase su obra *Teoría y Práctica en la Ciencia*, Granada, Universidad de Granada, 1993, caps. 4 y 5, que resumimos a continuación.

En todo caso, sería vano analizar este experimento partiendo de una epistemología empirista o naturalista:

"la verdad (hubiera sido mejor decir validez) de los conocimientos aplicados no se obtiene por confrontación con el resultado observable, es previa. Lo que prueba o refuta la destilación del alcohol es la relación causal entre esa teoría y ese resultado: es decir, lo que prueba la observación del alcohol es la *producción de alcohol*" (*Ibid.*, p. 163).

Ello equivale a decir que en el contexto de educación la evaluación de una práctica consiste, en primer lugar, en que las acciones prescritas hayan sido realizadas correctamente, y en segundo lugar en que los resultados obtenidos mediante esas acciones, que siempre están implementadas por instrumentos que hay que saber manejar, sean los previstos por la teoría para esas acciones concretas (en condiciones iniciales dadas, claro está).

Por consiguiente, hay reglas que prescriben acciones concretas y el modo de hacerlas. Dichas reglas han de ser respetadas rigurosamente, pero no porque sean verdaderas ni porque tengan mayor o menor contenido empírico, sino porque permiten obtener el resultado que se pretendía (y predecía), y por consiguiente lograr el objetivo del experimento conforme a unos valores eminentemente prácticos.

Este aspecto prescriptivo de la actividad científica en el contexto de educación se muestra perfectamente en las reglas de utilización de cualquier aparato en un laboratorio docente. Cabe hablar de que un usuario satisface (o mejor, cumple) en mayor o menor grado las reglas científicas prescritas para actuar. No se trata solamente de una cuestión semántica (obtener los resultados adecuados); para realizar una práctica hay que adecuar previamente la conducta propia a las reglas prescritas por la institución educativa y por los agentes que la representan. La situación podría quedar resumida de la manera siguiente:

x cumple la regla *r* (siendo *r* del tipo, "que x haga 51"), si y sólo si "x hace 51" es verdadera (con un grado de aproximación previamente fijado), es decir, si y solo si x hace 31.

Este tipo de concepción pragmática del cumplimiento de reglas comporta toda una teoría de la acción científica. Para comprobar, a continuación, si x ha hecho 31 *bien*, que es de lo que se trata, hay que introducir un conjunto finito de reglas de comprobación de los resultados de la acción de x, lo cual dependerá del contenido concreto de la acción y.

Supongamos que la acción era: "multiplique Vd. 2 por 5". Si los resultados de la acción de x ofrecen al evaluador z el ensamblaje de signos 10, entonces la acción está bien hecha (con respecto a una teoría aritmética y a un sistema de numeración concreto). De lo contrario la acción es errónea y se dice que no es una aplicación correcta (o válida) de la teoría apli-

cada en la acción y. Por supuesto, el evaluador z no tiene por qué ser exclusivamente un ser humano: puede tratarse de una tabla de multiplicar, de una calculadora de bolsillo, de un ordenador o de un maestro. Exactamente igual, x puede ser una máquina, de la que se dice entonces que ha funcionado bien, o que estaba bien construida. Estos ejemplos tan sencillos en poco difieren de otras prácticas científicas más complejas.

No se trata, obsérvese, de conocimiento nuevo, aunque puede serlo para quien lo adquiere. Lo esencial es transmitir conocimientos previos de la forma óptima para que puedan ser aprendidos, recordados, repetidos y, en general, practicados ulteriormente. Ello exige la utilización de instrumentos diferentes, que son las representaciones pedagógicas de las teorías científicas. De nuevo se trata de un proceso y de una acción cuyos resultados han de ser evaluados en función de los criterios vigentes en dicho contexto.

Todas estas competencias prácticas, o habilidades, son condiciones necesarias para el desarrollo de la actividad científica, incluido el contexto de innovación. Ocurre que, como sucede con la pronunciación y la ortografía, muchas de estas acciones suelen estar automatizadas, por lo cual no se es consciente de que son condiciones necesarias. Pero esta componente práctica de la actividad científica, que parte de representaciones lingüísticas normativas (oraciones en modo imperativo), constituye una componente esencial de toda acción científica. Como puede verse, en ella el verbo *ser* no se conjuga: el verbo esencial es *hacer*, con sus diversas especificaciones ulteriores.

Una última observación, antes de dejar el contexto de educación. De ninguna manera cabe decir que las acciones que lleva a cabo un estudiante en un aula o en un laboratorio docente sean intencionales, ni mucho menos que estén basadas en creencias. Lo que se exige en el contexto de educación es que se llegue a saber lo que hay que saber, independientemente de que uno se lo haya aprendido de memoria o no crea ni una palabra de lo que se le está enseñando. Si un estudiante actúa como es debido no es porque parta de una hipótesis o tenga intención de obtener un cierto resultado. De hablar de intencionalidades, habría que hablar de la pretensión de aprobar, de pasar el examen, de no ser rechazado por la comunidad científica ni por la sociedad: de adaptarse favorablemente al medio social. Dicho de otra manera: los científicos se forman como científicos partiendo de una actitud epistémica caracterizada por el pragmatismo o el escepticismo (o en el mejor de los casos, por un deseo abstracto de saber), no por la creencia. Sólo a partir de una cierta fase de su proceso educativo comenzarán a interesarse "de verdad" por unas u otras materias. Pero para enton-

ees ya están acostumbrados a actuar correctamente, como es debido, crean o no crean en lo que hacen, e incluso en muchos casos sin saber por qué lo hacen. Al menos en el contexto de educación, ni el conocimiento científico ni la práctica científica pueden ser consideradas como creencias verdaderas y justificadas. Sólo una minoría de los miembros de una comunidad científica llegan a preguntarse, cuando trabajan ya como investigadores científicos, sobre la validez de lo que han aprendido y sobre la racionalidad de lo que se han acostumbrado a hacer. La actitud crítica apenas si es fomentada en la educación científica. La mayoría de los profesionales de la ciencia pasan a ejercer como expertos sin llegar a cuestionarse mínimamente los saberes teóricos y prácticos que les fueron inculcados durante su etapa de formación. Lo importante, volvemos a insistir, es que hayan aprendido a hacer bien lo que hay que hacer, y que luego lo hagan conforme lo aprendieron.

V.4. PRAXIS CIENTÍFICA Y RACIONALIDAD

La praxis científica siempre está mediatizada por la razón. Pero la racionalidad a la que aquí nos estamos refiriendo es una *racionalidad social*, y no una facultad individual sujeta a reglas fijas e intemporales. La racionalidad puede irse modificando a lo largo de la historia: y de hecho así ha sucedido. La racionalidad científica no es intemporal. Las formas y los criterios de racionalidad cambian.

La racionalidad de la ciencia no es simple, sobre todo si se piensa en la ciencia como una acción colectiva, y no simplemente como la búsqueda individual de conocimiento. Las diversas formas y criterios de racionalidad son distintas en función de los diversos contextos en donde se ejerza esa acción, y asimismo pueden diferir considerablemente entre unas ciencias y otras. Podría parecer que este tipo de afirmaciones conducen inevitablemente a posturas relativistas como las que se han resumido en el apartado 1.3. Trataremos de mostrar a continuación que ello no es así y que el pluralismo epistémico, metodológico, axiológico y teleológico de la ciencia no impide la evaluación global de unas formas de cultura científica frente a otras. Uno de los papeles a desempeñar por los filósofos de la ciencia, dentro del ámbito global de los estudios sobre la ciencia, consiste precisamente en comparar los diversos sistemas axiológicos subyacentes a unas y otras formas de cultura científica y mostrar que, evaluadas en base a otros sistemas de valores, propiamente filosóficos, y no sólo científicos, unas modalidades de cultura científica son preferibles a otras.

Si volvemos por un momento a los planteamientos de los sociólogos de la ciencia podremos argumentar con mayor claridad lo que acaba de afirmarse.

Valorando en su globalidad las tendencias predominantes en la sociología de la ciencia a partir de los años 80, Andrew Pickering afirmaba lo siguiente:

"La clave del avance realizado por los estudios sobre la ciencia en la década de los 80 es haber pasado a estudiar la práctica científica, lo que de hecho hacen los científicos, y el correspondiente paso hacia el estudio de la cultura científica, entendiendo por tal el conjunto de recursos que la práctica pone en funcionamiento" (Pickering, 1992, p. 12).

Para Pickering, la cultura científica es ese conjunto de recursos utilizados por los científicos al actuar, mientras que la práctica se refiere a las actuaciones concretas de unos agentes determinados:

"El término 'práctica' tiene una vertiente temporal de la que carece el término 'cultura'; ambos no deberían de ser considerados como sinónimos entre sí" (*Ibid.*, pp.2-3).

No entraremos aquí en el debate sobre esta diferenciación entre cultura y práctica científica. Nos interesa más subrayar el aspecto eminentemente práctico de la cultura científica, tal y como los sociólogos del conocimiento científico la conciben. En esa misma obra, David Gooding acepta plenamente la propuesta fundamental de Hacking al afirmar que:

"Existe una distinción convencional entre la observación (en tanto registro de lo que se presenta) y el experimento (en tanto intervención en el curso de la naturaleza). Se piensa que la observación es descriptiva y pasiva (incluye mirada, no acción). El experimento es activo (incluye acción, y luego mirada)" ... "La distinción convencional es engañosa porque la observación incluye el mismo tipo de actuación que el experimento, esto es, la invención y la manipulación de entidades mentales y materiales" (Gooding, 1992, p. 91).

Una de las insuficiencias principales de la filosofía de la ciencia a lo largo del siglo XX habría sido, según Pickering, no haberse ocupado apenas de la práctica científica. Ya vimos en el capítulo III que los orígenes de esta insuficiencia se remontan hasta el origen de la tradición empirista, y siguen vigentes en la filosofía kantiana de la ciencia. Puesto que la concepción heredada estuvo profundamente influida por una epistemología empirista, no es raro que así haya sido. Sin embargo, también otras corrientes filosóficas más recientes se han caracterizado por su escaso interés por la práctica científica:

"los filósofos académicos han mostrado tradicionalmente muy poco interés directo por la práctica científica. Su objeto primario de estudio siempre han sido los productos de la ciencia, y especialmente su producto conceptual, el conocimiento. Así, por ejemplo, la mayoría de los filósofos anglo-americanos del siglo XX han dado vueltas en torno a cuestiones relativas a las teorías

as científicas, los hechos y las relaciones entre ambos. Esto no sólo es cierto respecto al empirismo lógico y sus variantes contemporáneas, sino también respecto a muchos de los filósofos que se han opuesto a esa corriente, como por ejemplo Feyerabend (1975 y 1978) y Hanson (1958). Hasta hace muy poco, sólo ha habido casos aislados de interés sostenido por la práctica dentro de la tradición filosófica: Fleck (1935), Polanyi (1958) y Kuhn (1962)" (Pickering, *o.c.*, p. 3).

Estas observaciones de Pickering son, en términos generales, muy atinadas. Asimismo es cierto que, aunque la actual sociología de la ciencia se haya autodenominado sociología del conocimiento científico, han prestado una atención mucho mayor a la práctica científica que los filósofos. No obstante, él piensa que los estudios sociológicos al respecto han sido demasiado abstractos y genéricos durante la década de los 70;

"La sociología del conocimiento científico simplemente no llega a ofrecernos el aparato conceptual que se precisa para ponerse al corriente de la riqueza del hacer científico, la dura tarea de construir instrumentos, planear, llevar a cabo e interpretar experimentos, elaborar teorías, negociar con los gestores de los laboratorios, con las revistas, con las instituciones financiadoras, y así sucesivamente. Describir la práctica científica como abierta e interesada (*alusión a Bloor*) equivale, en el mejor de los casos, a hacer un rasguño sobre la superficie" (*Ibid.*, p. 5).

La crítica de Pickering es aguda y acertada, pero su propia enumeración de lo que es la actividad científica muestra bien que, para él como para los sociólogos del conocimiento científico, el principal escenario de acción de los científicos es el contexto de investigación (o descubrimiento), y en concreto los laboratorios. Esto supone una profunda insuficiencia, al no tener en cuenta que la actividad científica en los contextos de educación y de aplicación depende de valores muy distintos a los del contexto de innovación, lo cual da lugar, a su vez, a prácticas científicas muy distintas.

Podríamos resumir esta observación crítica que estamos haciendo a la sociología del conocimiento científico de la manera siguiente: a pesar de ocuparse más que los filósofos de la ciencia de la praxis científica, han restringido de tal manera el concepto de actividad científica que ello les ha llevado a extrapolar consecuencias y problemas que no surgen en absoluto si nos atenemos a la caracterización de la ciencia por los cuatro contextos mencionados en el capítulo II de la presente obra.

Veámoslo en el caso de una de las posturas filosóficas más comunes entre los sociólogos de la ciencia: el relativismo epistemológico. Se puede aceptar perfectamente que la ciencia es una cultura y una actividad socialmente dependiente sin tener que inferir de ello conclusiones relativistas. El relativismo cultural y social de la actividad científica queda radical-

mente cuestionado si se tienen en cuenta los contextos de educación y de aplicación.

Aparentemente, podría parecer lo contrario. Veamos que no es así.

Podría pensarse que, precisamente porque cada sociedad (o cada Estado) regula su propio sistema educativo y, en buena medida, constituye el ámbito de aplicación por antonomasia del saber científico, la determinación cultural y social puede ser mayor en el caso de estos dos contextos que en el contexto de innovación. Sin embargo, a medio o largo plazo sucede lo contrario. A pesar de que ha habido sociedades que, por centrarnos en el contexto de educación, han modelado sus programas y han diseñado sus sistemas educativos en función de valores monolíticos e idiosincráticos, sea por motivos religiosos o políticos, lo cierto es que a la larga dichos sistemas educativos no han sido capaces de contrastarse con otros sistemas basados en valores más abiertos y plurales.

Un país o una cultura puede intentar prescindir del pluralismo epistémico, metodológico y axiológico de la ciencia, y por consiguiente limitar los contenidos científicos enseñables, por ejemplo por ser contrarios a valores firmemente asentados en dicha cultura. Sin embargo, la práctica científica de los restantes países y culturas acaba por mostrarles su error en la práctica: por cierto, con enormes costes, tales como un duradero retraso económico o social, guerras tribales o religiosas, etc. La auténtica normalización intercultural e internacional se lleva a cabo en el contexto de enseñanza, precisamente porque para que un conocimiento o una práctica científica llegue a ser objeto de enseñanza obligatoria ha tenido que pasar no sólo por evaluaciones culturales o nacionales, sino también por evaluaciones transnacionales y transculturales.

Otro tanto cabe decir del contexto de aplicación, por ejemplo cuando teorías y artefactos tecnocientíficos se contrastan y son rivales en una guerra, o cuando unos sistemas de producción tradicionales compiten internacionalmente con otros influidos por las innovaciones tecnocientíficas. Allí se produce otro tipo de evaluación intersocial, particularmente dura y severa, por recordar los términos de Popper y de Lakatos.

El hecho de que los científicos construyan los hechos en sus laboratorios y se pongan de acuerdo, tras múltiples debates, sobre la elección del lenguaje que será usado o sobre las reglas que serán recomendadas para la práctica, permite afirmar, sin duda, un cierto relativismo, tanto en la construcción de las teorías como en la adopción de las reglas de actuación. Sin embargo, esas innovaciones consensuadas han de pasar por pruebas mucho más duras que las puras controversias entre expertos. Por una parte han de aplicarse a la resolución de problemas prácticos, y ello fuera del ámbito de

la comunidad científica, y por otra parte han de ser explicadas y enseñadas en contextos sociales muy distintos: de lo contrario no llegan a integrarse plenamente en el *corpus* científico.

Pues bien, los valores que imperan en estos otros contextos difieren de los que pueden subyacer a la práctica científica en el contexto de innovación, como vimos en el capítulo precedente. En la medida en que la ciencia está caracterizada axiológicamente, los valores que rigen los restantes contextos permiten la superación del relativismo epistémico al que tanto aluden los sociólogos del conocimiento científico, siguiendo en parte a Kuhn.

Precisamente porque hay que fijarse más en la práctica científica, el relativismo epistemológico se tambalea. La práctica científica no sólo tiene lugar en los laboratorios, en las revistas científicas o en las instituciones públicas o privadas que financian la investigación científica. Una primera prueba de fuego para las innovaciones científicas es el contexto de aplicación. Puesto que se trata de transformar el mundo, y no sólo de conocerlo o interpretarlo, y puesto que toda forma de organización social de la realidad opone una notable resistencia a ser transformada, el contexto de aplicación funciona como una auténtica navaja de Ockam para muchos consensos "de laboratorio". Y por si ello no bastara, vienen luego los interminables combates entre instituciones y comunidades científicas enteras por insertar sus respectivas innovaciones en la enseñanza obligatoria o en los niveles superiores de educación. Allí se produce un segundo filtrado que difícilmente deja pasar a ninguna innovación científica, teórica o práctica, que no haya demostrado que es mejor que las propuestas alternativas, entendiendo el término mejor en función de los valores vigentes en ese contexto, y no en el contexto de innovación.

En resumen: no es difícil extraer conclusiones relativistas si uno restringe su interés por los *Science Studies* al contexto de descubrimiento. En los laboratorios, ciertamente, se construye, se produce y se fabrica la ciencia. Lo grave es que luego esos productos fabricados han de ser aplicados a la transformación y a la mejora del mundo (natural, social, histórico) en dura competencia con otras propuestas innovadoras que, en su origen, pueden mostrar aspectos que justifiquen hablar también de relativismo, pero que pudieran haber sido construidas, producidas y fabricadas *mejor*.

La contrastación entre las innovaciones científicas tiene lugar, en primera instancia, dentro del ámbito de la comunidad de investigadores. Pero los científicos no se reducen a los investigadores. Hay además profesionales, usuarios de las innovaciones tecnocientíficas, profesores y estudiantes. En último término, está la sociedad en general, sin que dicho término conlleve connotaciones nacionales, sino internacionales. El cosmopolitismo es

uno de los valores que rige la actividad científica y sirve de adecuado contrapeso a las tendencias culturalmente y aislacionistas restrictivas.

Precisamente porque la ciencia es una actividad social que trasciende las culturas y las naciones, las evaluaciones sociales de las innovaciones científicas son mucho más severas, tarde o temprano, que las evaluaciones que las propias comunidades científicas suelen hacer. La clave del debate sobre el relativismo epistemológico no hay que buscarla en la actitud ni en la práctica de los investigadores. La práctica científica es más amplia y variada que la práctica basada en la investigación experimental.