

- Mathy Ph.: «Enseigner autrement les théories de l'évolution» en *Courrier du Cethes*, n° 20, 1993, pp. 3-18.
- Mathy Ph.: *Les théories de l'évolution dans les manuels scolaires*. Depl. Sciences, Philosophies, Sociétés, FUNDP, Namur, 1992.
- Mayor F. & Portella Ed.: *Entre Savoirs: l'interdisciplinarité en acte*, Toulouse, Eres, 1992.
- Morgan Kevin, rapport au Forum Project 2000+: *Teacher and leadership education for scientific and technological literacy*, Paris, UNESCO ED-93, conf.016. Ref 1.4., 1993.
- O.C.D.E.: Séminaire sur «la pluridisciplinarité et l'interdisciplinarité dans les universités», O.C.D.E., Université de Nice, 1970.
- Schot J.: «Constructive T.A. & Technology Dynamics», en *Science, Technology & Human Values*, 1992, vol 17, n° 1, pp. 36-56.
- Serres M. & al.: *Éléments d'Histoire des Sciences*, Paris, Bordas, 1988.
- Sörensen K. H. & Levold N.: «Astuce scientifique, persévérance des ingénieurs et savoir-faire» en *Courrier du Cethes*, n° 20, avril 1993, pp. 18-24.
- Sörensen K. H. & Levold N.: «Tacit Networks, Heterogeneous Engineers, Embodied Technology» en *Science, Technology & Human Values*, 17, n° 1, 1992.
- Stengers I. & al.: *D'une science à l'autre, des concepts nomades*, Paris, Seuil, 1987.
- Stengers I. & Schlander J.: *Les concepts scientifiques*, Paris, La Découverte, 1989.
- Tilmans-Cabiaux Ch.: «Modéliser le flou du quotidien: les opérations de traduction comme instruments d'élaboration de modèles interdisciplinaires» en Giordan A., Martinand J. L. & RAICHVarg, éd., *Actes JIES XIV*, Chamonix, 1992, pp. 191-195.
- Waks L.: «S.T.S., une nouvelle éthique de la formation scientifique et technologique aux USA», en G. Fourez, ed.: *Construire une éthique de l'enseignement scientifique*, Presses Univ. de Namur, Namur, 1986.
- Woolgar S.: «The turn to Technology en social Studies on Science», en *Science, Technology & Human Values*, 1991, vol. 16, N° 1, pp. 20-50.

¿Una enseñanza tecnológica en el secundario «general»?¹

¿Qué interés podría tener una enseñanza de las tecnologías en el secundario «general» de tipo «humanidades», enseñanza que debe diferenciarse de las lecciones de bricolaje o de trabajo manual, a veces presentadas bajo el título de «tecnologías»? El objetivo de ese curso sería una introducción a la capacidad de modelizar las prácticas tecnológicas, con todas sus implicaciones, tanto humanas como técnicas. Después de un examen de los objetivos y contenidos de un curso tal, este capítulo examina algunas aptitudes a desarrollar para promover la dimensión técnica de una «alfabetización científica-técnica».

¹ Este capítulo está inspirado principalmente en mi artículo sobre el mismo tema, publicado en el *Courrier du Cethes*, en agosto de 1992, n° 18.

1. ¿Existe otra cosa diferente del bricolaje bautizado como tecnología?

La cuestión de una enseñanza tecnológica en la enseñanza secundaria requiere algunas puestas a punto.

Importa, en principio, marcar bien la diferencia entre lo que será enfocado aquí, y una concepción bastante extendida en cuanto a la introducción a las tecnologías. Según esta última, una educación tecnológica consistiría —al menos en principio— en hacer construir un objeto: una suerte de bricolaje. La aproximación tecnológica sería entonces principalmente manual. Aquí, yo enfoco más bien una enseñanza que comporte una dimensión teórica importante: lejos de sumergirse en lo cotidiano, una enseñanza tal se enraizaría allí, seguramente, pero con la intención de alcanzar una visión más amplia², porque un proyecto

² El vínculo de tales enseñanzas con lo cotidiano llama a la reflexión. La toma de distancia con respecto a lo cotidiano puede, en efecto, situarse según dos ejes. Un primer eje manifiesta la autonomía de una persona capaz de vivir lo cotidiano, pero también de pensarlo con una perspectiva suficiente como para criticarlo, dominarlo hasta un cierto punto, y eventualmente modificarlo. El segundo enfoca más bien la toma de distancia de aquellos que, sintiéndose impotentes frente a las situaciones que los involucran, tratan de encontrar en un discurso general, vinculado a situaciones lejanas, la expresión de su rechazo a ser dominados por lo cotidiano. Este desemboca generalmente en discursos éticos profundos pero impotentes, mientras que los ingenieros y las ciencias «duras» modelan el porvenir de la humanidad. Me parece —pero es una elección ético-política— que la educación debe permitir a los jóvenes descubrir: 1º que en lo cotidiano se juegan numerosas posturas de la historia humana; 2º que les es posible discernir entre estas posturas para poder actuar sobre ellas. Creo también que, en buen número de casos, querer estudiar situaciones alejadas de lo

tecnológico implica elaborar una representación del conjunto de la situación en la cual la tecnología se va a insertar, y a la que va a estructurar. Se trata de una dimensión teórica, y será forzosamente interdisciplinaria, dado que hará falta considerar las diversas dimensiones que intervendrán. Así, ya sea que se considere la aislación de una casa, la introducción de las tecnologías de procreación asistida o las biotecnologías agrícolas, será necesario tener en cuenta la física, la biología, la ética, la ecología, el derecho, la filosofía, la economía, la estética, etc.

Nada es más ajeno a lo que se plantea en este capítulo que un proyecto centrado únicamente en el «hacer»; nada más alejado de la visión frecuente de una enseñanza tecnológica únicamente «práctica». Será necesario también ubicarse con referencia a una interpretación demasiado restringida de las tecnologías—interpretación a veces transmitida por los ingenieros y aun por los médicos—según la cual no son más que la construcción de aparatos materiales. En este capítulo no se hablará de los ocasionalmente llamados proyectos «puramente» técnicos; lo que enfocaremos comporta una dimensión social, relacional y colectiva.

Tal como está entendido aquí, el aprendizaje de las tecnologías no tiende a privilegiar una dimensión «manual» de la educación (aun cuando esta dimensión puede y debe estar presente). Se trata de un trabajo intelectual de «modelización» por el cual uno elabora una representación intelectual de una situación, representación que se puede comunicar a otros, y que está ligada a la capacidad de saber ubicarse (saber-hacer allí) con referencia a situaciones precisas. Esta aproximación debe atravesar rigurosamente el campo de las ciencias humanas, de los discursos ético-políticos y de las ciencias llamadas «duras».

En el diseño de la propuesta de una enseñanza de las tecnologías también se debe tener en cuenta el plano histórico subyacente, del desarrollo del pensamiento científico, con las dos corrientes que hemos

cotidiano está relacionado con la dificultad o el rechazo de percibir los vínculos entre las situaciones lejanas y las próximas. Además, los llamados a la responsabilidad y al espíritu crítico frente a «grandes» cuestiones, sin articularlas a una práctica concreta en lo cotidiano, se parece a lo que Marx llamaba un «copio del pueblo» (jaquí, habría sin duda que hablar del opio de las clases medias¹): esta sería, al menos parcialmente la expresión patética de una conciencia que, aunque proclamando la importancia de la ética, acepta permanecer impotente frente a las situaciones precisas y a las mediaciones que ellas implican. Es por esto que este capítulo opera resucitando por una enseñanza enraizada en lo cotidiano, enfocando lo cotidiano, pero mostrando que puede estar conectado con nuestros más grandes ideales éticos y humanistas.

distinguido como «las ciencias estructuradas por proyectos» (*project oriented science*) y «las ciencias organizadas como sistema intelectual» (las disciplinas). La segunda corriente—vinculada a las facultades de ciencias—es a menudo presentada como la única capaz de desarrollar un espíritu teórico y crítico. Su distancia con referencia a las implicaciones materiales y económicas ha hecho que, bastante ligeramente, se hable de ellas como de la única aproximación «humanista» al pensamiento científico. Y, por otra parte, la introducción no crítica de numerosos ingenieros y aun de médicos—en una industrialización dominada por lo económico—ha conducido a reforzar tal punto de vista. Resulta de esto que hoy, en la enseñanza secundaria, el cuerpo de profesores de ciencias no ha sido generalmente formado para abordar la corriente tecnológica del pensamiento científico.

Sin embargo, desde hace algunos años, una nueva aproximación a las tecnologías intenta dar cuenta de sus múltiples dimensiones: se trata del *constructive technology assessment*. Esta aproximación, vinculada al *technology assessment* («balance social y evaluación estratégica de los desarrollos tecnológicos») se propone permitir y promover una aproximación a las tecnologías tomando en cuenta—en lo posible—la globalidad de una tecnología: técnicas materiales, representaciones teóricas, pero también organización social, condicionamiento socio-ético, económico, político, etc. Es desde de esta perspectiva que nosotros enfocamos la enseñanza de tecnologías.

2. Los fines de una educación tecnológica

La introducción de un curso de formación tecnológica debería ser enfocada según las secciones. Sus objetivos y sus medios diferirán según se esté en relación con secciones profesionales, técnicas, de enseñanza general, o también de enseñanza general con un programa fuerte en matemática o en ciencias. Sin duda también será más fácil innovar en las tres primeras secciones que en la última, más orientada hacia la universidad y, tal vez por esta razón, más rígida². Sin embargo, podrían tenerse en

¹ Aun cuando los estudios muestran poca correlación entre los resultados universitarios en los estudios de ciencias y el tipo de enseñanza científica recibida en el secundario (Cf. el estudio de Alkenhead, in *Courrier du Cehes*, número especial sobre «L'approche S.T.S. et l'apprentissage des sciences: une perspective de recherche», n° 16 abril, 1992).

cuenta un cierto número de objetivos y una fisonomía común para una enseñanza de las tecnologías.

En el primer abordaje, por razones tanto de fondo como de estrategia y de prudencia en las innovaciones, una enseñanza tal no estaría destinada a reemplazar a los cursos tradicionales de ciencias disciplinarias. No obstante, importa ver que la mayoría de los objetivos formativos de los cursos de ciencias, si no todos, pueden ser alcanzados por los cursos de tecnologías. Así, la capacidad de comprender y organizar las gestiones científicas puede adquirirse tanto por un curso de tecnologías como por un curso tradicional de ciencia. El examen del funcionamiento de un reloj o el de los componentes físicos de la aislación de una casa demandan una modelización y una teorización, al menos así planteados, como la mayor parte de los cursos de física y/o de biología. Sin querer comparar demasiado la biología y la mecánica, es necesario reconocer la similitud entre los caminos que conducen a la comprensión de un reloj y los que conducen a la comprensión del sistema de circulación de la sangre. En ambos casos, lo que importa desde el punto de vista pedagógico es poner de manifiesto que se construye una representación intelectual elegida en función de los proyectos que se visualizan en el emprendimiento científico o técnico. Además, un curso de tecnología puede, tanto y, sin duda, más que un curso de ciencias, prestarse a laboratorios interesantes. Importaría, sin embargo, dar a esos laboratorios la dimensión de experiencia y de ensayo que les otorgan las tradiciones científico-técnicas, y rescatarlos del paradigma de la «verificación de leyes» en el cual los cursos de ciencias universitarios y otros los han encerrado a menudo⁴. Esto implica que los objetivos de formación ligados a los cursos de ciencias tradicionales pueden ser alcanzados por los cursos de tecnología (a condición, como lo he mencionado más arriba, de que no se reduzcan las tecnologías a técnicas manuales o prácticas, y que se les otorgue toda la dimensión teórica que les corresponde).

Los objetivos de brindar información enfocados por los cursos de ciencias tradicionales (por ejemplo, el conocimiento de las leyes de Ohm o de Coulomb) corren el riesgo, sin embargo, de no estar cubiertos tan sistemáticamente (salvo si uno se preocupa de suministrar esas

informaciones científicas a los alumnos durante el estudio de ciertas tecnologías). Hará falta reflexionar sobre las nociones que parecen absolutamente necesarias para una alfabetización científico-técnica y velar para que ellas sean enseñadas, ya sea en los cursos de ciencias tradicionales, o en los de tecnología⁵.

Los cursos de tecnologías tendrían su razón de ser específica en el hecho de que pueden fácilmente cruzar diversas aproximaciones muy formativas. En efecto, para proporcionarse un modelo de una tecnología hay que considerar tanto los aspectos vinculados a las ciencias naturales y a las matemáticas, como los aspectos vinculados a las ciencias humanas y a las aproximaciones éticas, políticas, estéticas o comunicacionales. Un curso tal puede entonces encontrarse en la conjunción de la formación intelectual y de la eficacia, como de la formación práctica y de la formación humana más general. El examen de las múltiples soluciones posibles para un problema concreto podrá desarrollarse en los alumnos el sentido crítico y la capacidad de proceder a los debates éticos y políticos.

Un curso de introducción a las tecnologías comportará también una dimensión de cómo situarse con referencia a ellas. En la perspectiva de los capítulos precedentes, se distinguirán al menos tres maneras o tres «lógicas».

La lógica de la subordinación. En esta perspectiva, el sistema material y social que constituye una tecnología aparece como dado de una vez por todas, y se trata de adaptarse a él. Es la lógica de la adaptación, de las «recetas» y de las «prescripciones». Estas aproximaciones se caracterizan por la incapacidad en que se encuentra o que siente el usuario de modificar o de «negociar» con el cuadro tecnológico que lo rodea; recibe todo como un «paquete bien atado», con las «prescripciones» indicando el modo de empleo. Esta lógica es muy práctica en ciertos momentos, porque no queremos tener que rever continuamente nuestra posición frente a un tratamiento médico, una computadora o un automóvil descompuesto. Tiene, sin embargo, también, inconvenientes evidentes en la medida en que se quiera promover una cierta autonomía de las personas, ya que conduce a una sumisión total ante los especialistas. No es tampoco muy eficaz si se

⁴ Convendría hacer un análisis crítico más extenso de las prácticas de laboratorio a través de las cuales los alumnos aplican instrucciones precisas, perdiendo así el sentido profundo de la experiencia, es decir de ensayos gracias a los cuales se espera ver si una manera de enfocar las cosas «marcha».

⁵ Esta investigación de las nociones «estandarizadas» que se tratará de enseñar a todos ha sido el objeto de toda una serie de investigaciones en estos últimos años en Estados Unidos (Cf. a este efecto, *Science for all Americans*, op. cit. 1989 y *Benchmarks for Scientific Literacy*, op. cit., 1993).

enfoca una sociedad económica y socialmente dinámica: la formación de robots bien obedientes a los sistemas tecnológicos no permite visualizar una renovación de la sociedad.

- **La lógica del dominio.** En esta perspectiva, tradicional en los desarrollos científicos, se trata de manejar a través del saber todos los productos que se sustentan en el sistema tecnológico. Esta lógica, aceptable en casos restringidos, alimenta la ilusión de creer que es siempre posible dominar los sistemas en los que uno está inserto.

- **La lógica de la negociación.** En esta aproximación se intenta comprender suficientemente bien los funcionamientos del sistema tecnológico para poder, a veces, «desatar el paquete» («breaking the package») y seleccionar, por lo menos hasta un cierto punto, lo que uno tomará de él. En esta perspectiva, los usuarios dejan de ser actores pasivos, a los cuales la tecnología prescribe un comportamiento. Ellos tienen, entre otros, suficiente comprensión del sistema para discernir cuándo les puede ser útil consultar a un especialista. Esta lógica otorga un lugar importante al espíritu crítico y a la autonomía, discerniendo las estrategias posibles, frente a aquellas que el sistema tiende a imponer; sustenta también un espíritu de innovación que puede ser interesante para una sociedad que enfoca la innovación social y el desarrollo económico.

Según mi opinión, es hacia esta lógica de la negociación que se deberían orientar los cursos de introducción a las tecnologías.

3. Los contenidos de una introducción a las tecnologías

Para atender tales objetivos, se podrían distinguir dos formas de enseñanza: el proyecto tecnológico y el estudio de los desarrollos tecnológicos.

3.1 Un proyecto tecnológico

Se trataría, para los alumnos, de construir un sistema tecnológico (pensemos una vez más en la aislación de una casa). Esto implicaría, por lo menos:

- la producción de un análisis de la situación de la cuestión-problema para la cual se desea una solución tecnológica. Importa que este análisis cubra los diversos aspectos que se juzgarán pertinentes poniendo en práctica un recorrido conciente y deliberadamente interdisciplinario: se pondrán en evidencia los factores vinculados a las presiones científicas y técnicas, pero también a las vinculadas con las dimensiones económica, social, política, cultural, estética, ética, ecológica, ideológica, etc. Un análisis así deberá también tener en cuenta a los principales actores individuales y sociales implicados en el desarrollo. Un estudio histórico de las respuestas que fueron dadas a situaciones parecidas en el pasado formará también parte de este análisis. El análisis deberá contener una comprensión científica y técnica del problema tecnológico.

- una presentación de diferentes planes posibles para solucionar la cuestión. Deberán ser analizados tanto en función de sus consecuencias prácticas y/o sociales como de su funcionamiento científico y/o técnico;

- estudios de la factibilidad de ciertos planes o de partes de ellos. Implicará experimentaciones —es decir, ensayos parciales para ver cómo «marchará esto». Estos estudios y experimentaciones se deberán hacer con una perspectiva de «negociación» de la solución. Pueden ser típicos de las ciencias naturales (como los que conducen a la investigación del balance de energía perdido en tal o cual lugar de la aislación de una casa). Pero se pueden también vincular con otras perspectivas, como cuando se examina si una secuencia es factible dentro de ciertos límites presupuestarios. A través de tales estudios, sería interesante profundizar suficientemente ciertos conocimientos científicos para que los alumnos pudieran ampliar su comprensión de ciertos funcionamientos.

- una realización concreta y, si es posible, a dos niveles. El primero implicaría una realización material del proyecto. El segundo correspondería a la elaboración de una manera de comunicar lo que se ha descubierto para que otros puedan beneficiarse con el estudio realizado.

3. 2 El estudio de grandes desarrollos tecnológicos

Para no perderse en una sociedad como la nuestra, puede ser útil poder representarse un cierto número de tecnologías. Para cada una de las tecnologías estudiadas, sería interesante presentar diversos aspectos⁶ (para concretizar los puntos que siguen, el lector podría considerar un dominio tecnológico particular, como el del ferrocarril o el de la informática):

- su cuadro histórico, insistiendo sobre las condiciones económicas, sociales y culturales que han presidido su desarrollo. ¿Cómo dichas tecnologías son el producto de una situación social particular y cómo intentarían responder a esto? ¿Cuáles han sido los caminos recorridos por el desarrollo tecnológico para arribar a lo que es hoy?
- la modelización simultánea del sistema socioeconómico de la tecnología y de su sistema material. En el estudio de este último, es interesante resaltar los conocimientos científicos particularmente pertinentes (por ejemplo, a propósito del ferrocarril, se podría estudiar el sistema de transporte de energía eléctrica y poner en evidencia ciertos principios físicos que contribuyan a comprenderlo).
- una parte experimental —no en el sentido de una verificación— en la cual los alumnos puedan ensayar dispositivos experimentales que les permitan comprender mejor el funcionamiento de la tecnología.

En cada uno de estos puntos importa **poner en evidencia las «negociaciones» posibles con las tecnologías**, es decir, subrayar cómo ciertas comprensiones abren perspectivas que permiten a los individuos y/o a las colectividades conquistar una cierta autonomía con referencia a las prescripciones de la tecnología, o modificarla, siendo concientes de que ciertas comprensiones serán principalmente culturales, sin implicancias directas sobre la vida concreta⁷.

⁶ Para un enfoque de las diferentes dimensiones de un desarrollo tecnológico importante en la historia, se puede, por ejemplo, consultar Krinsky S.: *Biotechnics and Society: The Rise of Industrial Genetics*, Praeger, New York, 1991, o también: Friedman Robert M.: *Appropriating the weather*, Cornell Univ. Press, Ithaca NY, 1989.

⁷ Tal es el caso, por ejemplo, del estudio de las tecnologías espaciales.

No es posible establecer una lista de las tecnologías que deberían ser familiares a los alumnos que egresan de humanidades. La lista presentada en la obra de la *American Association for the Advancement of Science*⁸ puede, sin embargo, ser esclarecedora. En ella aparecen las tecnologías vinculadas a los temas siguientes: los materiales, la energía, las industrias de producción y de transformación de bienes, la agricultura y la nutrición, las cuestiones medicinales y biológicas, el entorno, las comunicaciones, la electrónica, la informática, los transportes, el espacio. Si se agregan a esto los electrodinámicos, se tendrá sin duda cubierta una buena parte de lo que podría interesar para la formación de los jóvenes en este dominio.

3. 3 Negociar con una tecnología corriente

En esta parte del curso, se propondrá el estudio de una tecnología corriente, de manera de incluir en él tanto las posturas sociales como los mecanismos técnicos (por ejemplo, la tecnología de la calefacción, de la computadora, o del automóvil⁹). El objetivo de esta etapa del curso es permitir a los alumnos utilizar sus conocimientos con miras a adquirir una zona de autonomía y de negociación con respecto a esa tecnología. El estudio de una tecnología de la vida corriente podrá tener la misma estructura que el que he mencionado en el párrafo precedente. Sin embargo, para tales tecnologías (pensemos en los ejemplos citados algunas líneas más arriba), es posible acceder a un estudio social, científico-técnico y experimental más fácilmente que para temas tan amplios como las tecnologías de los materiales o de los transportes.

Sobre todo en las clases más avanzadas, será posible plantear más a fondo ciertos estudios, elaborando cada vez todos los conceptos

⁸ En *Science for all Americans*, AAAS, Washington DC, 1989. Cf. también el resumen del capítulo sobre las tecnologías en el *Courrier du Celles*, n° 15, enero 1992, pp. 5-18.

⁹ La elección de las tecnologías no es indistinta. En efecto, se podría decir que ciertas tecnologías son «abiertas» y otras, «cerradas». Las primeras serían las que permiten fácilmente al usuario abordarlas, y aun modificarlas de múltiples maneras. Las segundas serían las que no dejan más que poco margen de negociación a los usuarios. Es sin embargo difícil saber de antemano si una tecnología será abierta o cerrada: ¡quién hubiera creído que el *minitel* tendría todos los usos que se le conocen hoy! Esto depende también de lo que hagan los usuarios. Por otra parte, se podría también decir que ciertos usuarios son «abiertos» y otros «cerrados»: los primeros están siempre prestos a negociar con las tecnologías, mientras que los segundos siguen más dócilmente el modo de empleo. Generalmente los usuarios son a veces «abiertos», a veces «cerrados». Se podría decir que la alfabetización científico-técnica tiende a la creación de una cultura productora de usuarios «abiertos».

científicos necesarios para una comprensión científicamente profunda de los procesos técnicos que subyacen en la tecnología estudiada.

Para proseguir con los fines descriptivos más arriba, me parece útil distinguir varios objetivos, entre ellos, la capacidad de modelizar una tecnología; la comprensión de que una tecnología es un sistema producto de una situación social, que intenta responder a ella; o la capacidad de hacer experiencias tecnológicas.

4. Acerca de algunas capacidades que deberían ser enseñadas durante el estudio de las tecnologías

La educación tecnológica tendrá que encontrar un equilibrio entre una enseñanza centrada sobre lo científico-técnico tradicional (comprender, por ejemplo, los mecanismos electromagnéticos y mecánicos de una computadora), y una enseñanza centrada en las significaciones sociales de las tecnologías (por ejemplo, lo que está en juego económicamente con referencia a las computadoras, sus efectos culturales y prácticos sobre la vida familiar y sobre las relaciones entre los hombres y las mujeres, o también sus consecuencias sobre la industria de la prensa). Los dos polos tienen su interés y merecen atención. Así, ciertos análisis científico-técnicos del horno de microondas podrían dar a los alumnos a la vez un sólido bagaje en física de la electricidad y la comprensión de que la física puede servir para comprender nuestro mundo cotidiano¹⁰. Pero el análisis social de los efectos de los hornos de microondas en el entorno doméstico puede ser también apasionante e interesante para la formación de los jóvenes.

Durante la formación en tecnologías, una buena parte de los objetivos estarán vinculados a los que hemos presentado en el capítulo 3: conocer el buen uso de los especialistas, de las «cajas negras», de los modelos simples y de los islotes de racionalidad, de las metáforas, de las traducciones, de los modelos científicos en las decisiones, etc.

¹⁰ Los hornos de microondas pueden sin duda considerarse como una tecnología «cerrada» y por esta razón, no se puede decir que sea una excelente elección para formar a los alumnos en una alfabetización tecnológica. Pero hay que decir que sería muy interesante estudiar la manera en que los miembros de una familia «negocian» con esta nueva tecnología y cómo ella modifica los roles de cada uno/a.

Una alfabetización científico-técnica supone la capacidad de advertir los efectos que una elección técnica puede tener sobre la organización social o mental. Así, la aparición del horno de microondas permite a los miembros de la familia que llegan tarde a una comida obtener un plato recalentado mucho más fácilmente que antes¹¹. Tal tecnología acarrea, pues, con ella una manera de ver la vida social, económica y cultural de una familia (y de mucho más que una familia, por otra parte): esta tecnología, como muchas otras, tiene sus impactos sobre los sistemas de valores de una sociedad tanto como sobre su organización concreta. Se podría decir la misma cosa de la computadora personal, del teléfono, del minitel, de la píldora anticonceptiva, de los antibióticos, de los materiales aislantes, de las biotécnicas agrícolas, etc.

El estudio de estas implicaciones de una tecnología se hace gracias a traducciones adecuadas. Así, las capacidades físicas del horno de microondas pueden, por ejemplo, ser traducidas en cualidades culinarias para un plato a recalentar, en fatiga para la persona que cocina, y a veces en términos de liberación femenina¹². La exploración de las traducciones forma parte de la formación de los jóvenes que aprenden a considerar las tecnologías de manera crítica. Uno puede, por otra parte, preguntarse si este aprendizaje totalmente concreto no forma el espíritu crítico y filosófico mejor que los discursos críticos generales relativos a las tecnologías (sin por esto ignorar su importancia). Debe permitir a los alumnos discernir en lo concreto las implicaciones sociales, éticas, económicas, culturales, etc., de las elecciones tecnológicas posibles, y por esta vía clarificar los valores en juego¹³.

¹¹ Tales implicaciones son múltiples. Así, es bien conocido que los puentes del *Central Park* en Nueva York fueron hechos de manera de impedir a los autos pasar debajo, resguardando así a la población que no disponía de automóvil privado. Lo mismo, la construcción de los diques durante el plan Delta holandeses implicó toda una reorganización social relativamente centralizada. El telefax ha evolucionado las prácticas de comunicación, etc.

¹² Y en muchas otras traducciones posibles: surgimiento de nuevos productos en el mercado, protestas de ecologistas, propiedades dietéticas de los alimentos así producidos, etc. Para explorar estas múltiples traducciones, se puede convocar a numerosos especialistas, desde el filósofo al economista, pasando por el químico.

¹³ Para reforzar ese discernimiento crítico sin duda sería útil que los alumnos aprendieran (en otro curso —de ética o de filosofía—) los métodos de clarificación de valores (que son, por otra parte, prácticas de traducción). Deberán también recibir información sobre los sistemas de representación de valores y las concepciones acerca de la vida en las sociedades humanas (lo que podría también ser el objeto de un curso de filosofía).

Cuando se ayuda a los alumnos a clarificar las posturas ligadas a las tecnologías, se contribuye a su **formación humana y ética**, que se reflejará en sus tomas de decisiones con respecto a su vida personal, interpersonal y política. Así, los llamados a la **ética y a la responsabilidad** podrán superar el estado de impotencia y, por ende, aceptar las mediaciones de un compromiso hecho con discernimiento.

Conclusión

La enseñanza científica se ha centrado desde el siglo XIX en la corriente de las ciencias disciplinarias, es decir orientadas hacia los sistemas del saber. La otra corriente, dirigida hacia los proyectos, ha estado prácticamente excluida de la enseñanza secundaria, o si encontró allí un lugar no fue a menudo más que bajo la forma de una «tecnicidad» centrada en el «hacer», a costa de la teorización y de la modelización. Además, la enseñanza científica clásica siempre tuvo dificultad para encontrar su dimensión educativa, en la medida en que separaba las ciencias naturales de las ciencias humanas. Una enseñanza tecnológica renovada permitirá una articulación humanista de los aspectos «puramente técnicos» con consideraciones sociales y humanas.

Sin duda, se encontrarán resistencias para la incorporación de un curso de tecnologías en las secciones de enseñanza general «fuertes» en matemáticas y en ciencias. Muchos, a pesar de los estudios que muestran lo contrario¹, temen, en efecto que los cambios que llevan a la articulación de las ciencias con la sociedad menoscaben la preparación de los alumnos que quieren hacer estudios de ingeniería o de ciencias. Pero, para las otras secciones, los riesgos parecen ser mínimos en comparación con las ventajas. ¿No sería hora de introducir cursos científicos más ligados a la vida cotidiana, lo que formará una generación a la vez más autónoma y más adaptada a la sociedad tal como ella ha evolucionado?

¹ Cf. a este efecto el estudio de Glen S. Aikenhead: «L'approche sciences-technologies-société et l'apprentissage des sciences: une perspective de recherche», en *Courrier du Cehes*, n° 16, abril 1992.

La iniciación científica en las tradiciones de la enseñanza técnica

Dominique Grootaers & Francis Tilman

Las tentativas llevadas a cabo en diferentes países europeos para introducir una «cultura técnica» en la enseñanza general han tenido un fracaso relativo. Esta enseñanza ha resistido los esfuerzos de los innovadores que han querido introducir «el pensamiento técnico» en la formación de todos los ciudadanos. La cultura técnica ha estado siempre limitada a la actividad productiva, reservada de alguna manera a quienes tenían esa ocupación. La forma en la cual las ciencias han sido abordadas en la enseñanza técnica es, sin embargo, bien diferente de lo que lo han sido en la enseñanza general.

¹ Estas tentativas están expuestas, entre otras, en HÖRNER, 1987. Ver también CHANCEREI, 1991. Estos esfuerzos se remontan en el tiempo. Ya los «enciclopedistas», oponiéndose a la educación apartada del mundo real que se impartía en los colegios, proponían introducir en estos establecimientos, al lado de las humanidades clásicas, una enseñanza útil, que incluyera una iniciación a las artes mecánicas (BILMISTE, 1989).

Frente a la formación de profesores de cursos profesionales, hemos encontrado una serie de dificultades. En Bélgica, por ejemplo, la formación profesional inicial de los futuros trabajadores se efectúa, en su casi totalidad, en el sistema escolar, a través de sus ramas técnica y profesional. Dos tipos de cursos están consagrados directamente a esta preparación para el oficio. En principio, los «cursos prácticos» que tienen como fin que adquieran los saber-hacer profesionales. Luego, los «cursos técnicos», cuya función es proporcionar el bagaje intelectual necesario para el ejercicio de la profesión. Ocurre que los docentes de estos dos tipos de cursos tienen muchas dificultades para trabajar en conjunto, sin hablar de su laboriosa colaboración con los profesores de los cursos generales que, en estas ramas, son considerados como quienes deben asegurar la «faceta humana».

Nuestros esfuerzos por introducir a estos docentes en otras prácticas pedagógicas de formación profesional, más próximas a las exigencias de las nuevas tecnologías, chocaron con serias resistencias. Parece que, en su mayoría, los docentes de los cursos prácticos quieren verse como profesionales y no como pedagogos, aun cuando su actividad principal no es la producción sino la formación.

Nuestra hipótesis es que existe, en estos diferentes formadores, una concepción de la cultura técnica que les es específica y que es necesario conocer, en principio, para comprender las prácticas de formación heredadas del pasado y siempre activas hasta hoy; luego, para evaluar en qué aspecto las nuevas posturas de formación continúan o rompen con esa herencia.

Las reflexiones que siguen pretenden despejar las concepciones dominantes de la cultura técnica, así como los modelos educativos de

adquisición del aprendizaje vinculados con ellas. Nos interrogaremos en el capítulo siguiente sobre el surgimiento de nuevas concepciones de la cultura técnica y sobre las estrategias pedagógicas que podrían servir a su apropiación. El problema de la preparación de los docentes en estas nuevas orientaciones no será abordado aquí.

1. La iniciación técnica rechazada por las tradiciones de la enseñanza general

En la enseñanza general la cultura tiene un sentido particular. O evoca la erudición (la cultura general), o remite a «lo que queda cuando se ha olvidado todo», es decir a los mecanismos de la inteligencia.

La sociología de la educación nos ha enseñado que el saber inútil y gratuito de la enseñanza secundaria (la cultura general) tiene por finalidad, además de formar la inteligencia, asegurar una función social esencial: distinguir las clases sociales. Dicho de otra manera, el hecho de que ciertas personas evolucionen cómodamente en el pensamiento, la historia y el arte del pasado, que se hayan apropiado del humanismo de los antiguos, que puedan considerarse como «cultivados», los «distingue» objetivamente de quienes no han tenido la posibilidad de acceder a ese patrimonio.

Desde este punto de vista la educación, en el sentido noble del término, no necesita para nada del utilitarismo o pragmatismo a los cuales está asociada la técnica. A lo sumo puede interesarse en algunas grandes realizaciones técnicas, consideradas como los productos del genio humano que sería deshonroso ignorar. Pero lo que rescata en estas realizaciones es su amplitud material, su uso social y su dimensión simbólica, más que su funcionamiento concreto y sus modos de fabricación. Si en la enseñanza general es necesario interesarse en la transformación del mundo, el estudio estará más orientado hacia el aporte que hacen los científicos a los inventos, que hacia el aporte de los constructores y de los fabricantes.

Las ciencias y la matemática se inscriben mejor que la técnica en el esquema cultural de la enseñanza general. Porque, aun cuando no la identifican con el humanismo clásico, la cultura general queda definida por las manipulaciones simbólicas en el registro escrito, por la universalidad, la abstracción y la gratuidad de su contenido.

Frente a esto, la técnica se asocia con la fabricación y el universo del trabajo, con todas las connotaciones negativas con las que el trabajo manual ha estado siempre calificado. Durante largo tiempo, las expresiones profesionales han sido percibidas como simples habilidades que no realizan la inteligencia. Se hablaba, en el mejor de los casos, de «inteligencia sin lenguaje». Por cierto, se le reconocía al trabajador más o menos calificado, una habilidad manual y una «inteligencia del oficio», es decir, conocimientos acerca los materiales y las máquinas que empleaba, así como sobre los procedimientos y la manera más eficaz de obtener el resultado productivo. En el mejor de los casos, se otorgaba a ese saber una posición subalterna en la jerarquía del ejercicio de la inteligencia. Pero más frecuentemente se le atribuía una «esencia» diferente: la «inteligencia de las manos» no sería de la misma naturaleza que la que se ejerce en las «disciplinas intelectuales».

El público de la enseñanza general elige, además, en gran parte, esta orientación para escapar al trabajo manual y a la cultura que le es concomitante, la cultura técnica. A la inversa, otros jóvenes optan por la enseñanza técnica por oposición a la formación de las secciones generales², considerada como estéril e inútil.

La enseñanza general buscará pues desviar la amenaza que pesa sobre ella, resultado de los esfuerzos de los reformadores para introducir la cultura técnica en todas las ramas de la enseñanza secundaria, reduciendo lo más posible la apertura a la materialidad, a las ciencias aplicadas y al diseño científico³, aislándolas en las secciones científicas y matemáticas. El pensamiento científico y matemático se torna así la muralla contra la cultura tecnológica.

La escuela no siente que le concierna la cultura técnica más allá de la medida en que ella prepare al futuro productor. La visión dominante de la cultura técnica, como concepción de la inteligencia o como representación

² GROOTAENS (1984), DUBERT (1991).

³ El diseño científico, fundado sobre el procedimiento de «proyecciones ortogonales» puesto a punto por G. Monge en el siglo XVIII (BELMONT, 1989), no se debe confundir con el diseño industrial o técnico que proporciona en dos dimensiones (a veces en perspectiva), una vista normalizada y codificada de las piezas a producir. Inútil es decir que el dibujo técnico no tuvo jamás lugar en la enseñanza general... porque no hay allí nada para producir. El hecho de que sea un lenguaje universal no ha sido suficiente para lograr su reconocimiento. Su asociación con la fabricación material ha sido, al contrario, suficiente para excluirla.

del mundo, hace casi imposible su penetración en las ramas generales, de allí la frecuencia de los fracasos de los que hablamos al principio del capítulo.

2. Los modelos pedagógicos de la cultura técnica heredados del pasado

La pedagogía de la cultura técnica se beneficia con una larga tradición heredada del pasado. Si bien mal conocido, ese pasado alimenta, muy a menudo inconscientemente, todas las reflexiones actuales sobre la cultura técnica. Poner a la luz del día esta herencia pedagógica puede también contribuir a clarificar las elecciones para el futuro.

A falta de poder describir la historia de un siglo de enseñanza técnica y profesional, he aquí al menos la presentación de tres modelos pedagógicos que constituyen de alguna manera arquetipos, moldes de donde han salido las estrategias adoptadas al correr del tiempo para dar al productor su formación práctica y su formación técnica⁴.

Nuestra presentación de los modelos educativos de la cultura técnica concierne sobre todo a los varones. La enseñanza técnica y profesional femenina está caracterizada por el deseo de proporcionar una cultura y un saber-hacer susceptibles de evitar a las jóvenes el trabajo asalariado y en particular, el trabajo industrial. Es por esto que la cultura técnica como inteligencia de las máquinas y como punto de partida de una actitud activa frente a la tecnología está explícitamente separada de su formación⁵.

⁴. Para una presentación más coherente y sistemática de estos modelos y de su cuadro histórico, el lector interesado puede remitirse a Grootaers (1994).

⁵. Entre los tres modelos educativos presentados aquí, la enseñanza técnica y profesional femenina utiliza el modelo de la práctica reflexiva y el de la práctica controlada, y no el de la inteligencia de los principios. Ver Grootaers, *ibidem*.

2.1 El aprendizaje en el cuadro de la producción artesanal: la formación del «compagnon»*

El primer modelo de formación del productor encuentra su fuente en la Edad Media en el cuadro de la organización de los oficios en corporaciones. Es el modelo de la formación del *compagnon*⁶. Está orientada al artesano, es decir al trabajador cuya producción depende de la habilidad manual. El lugar de la formación es la obra o el taller.

Esta formación está pues ligada a la práctica. Ella se inscribe en una progresión que permite descubrir en principio y experimentar a renglón seguido, habilidades manuales cada vez más complejas. Estas se adquieren por la observación seguida de un entrenamiento hecho de ensayos y de errores corregidos. El aprendizaje se inicia en la tarea en la proximidad de un *compagnon* consumado que él toma como modelo antes de intentar a su turno, cuando se lo autorice a ello, realizar tareas cada vez más difíciles.

La progresión en los aprendizajes y la apropiación gradual de saber-hacer más complejos no se obtienen solamente por el trabajo sobre el yunque. El aprendiz está obligado a un entrenamiento complementario en «taller», fuera de las horas de trabajo. Durante esta fase del aprendizaje, el aprendiz dispone de consejos individualizados de los ancianos: una enseñanza a medida, conforme a la aparición de las dificultades.

Para asegurar una maestría profesional total, el candidato a *compagnon* está obligado a hacer su «tour de France»⁷, es decir a trabajar con diferentes maestros que le enseñarán todas las facetas del oficio, a través de la gran diversidad de obras que le darán a ejecutar.

* N. de la T.: Debido a las dificultades para traducir *compagnon* y *compagnonnage* que aparecen reiteradamente en este capítulo, recurro a la opinión de un especialista, Fabian Campagne, que me proporcionó abundante información sobre el tema. De ella sintetizo a continuación la que creo necesaria para la comprensión del texto. *Compagnon* (no hay traducción en castellano) equivaldría al grado de oficial en la carrera de un artesano (aprendiz - oficial - maestro), si bien en estas páginas parece aludir al maestro. Entiendo que este último sería el *compagnon-fini* que se menciona más adelante, *compagnonnage* era la fraternidad o grupo de pertenencia al que se integraban los obreros de los gremios. He dejado ambos términos en el idioma original ya que no tienen una verdadera traducción posible al castellano.

⁶. Bavard (1977) da una representación del conjunto del *compagnonnage* y aborda especialmente la formación de los *compagnons*.

⁷. El «tour de France» de los *compagnons* está descrito en BARREY y GURGAND (1980).

La formación del *compagnon* no se reduce a la adquisición de habilidades profesionales. Comprende también una rigurosa formación moral. Esta reposa sobre una disciplina estrechamente ligada al trabajo y a su organización. Así, la perseverancia es estimulada y la motivación es sometida a prueba mientras dura la iniciación. El aspirante debe, durante un largo período, ejecutar tareas subalternas, que cumplirá con abnegación. Otra cualidad, el orden, se obtiene especialmente por una reglamentación a veces minuciosa, sancionada con multas. La presentación correcta en su vestimenta y un comportamiento irreprochable le son exigidos al aprendiz para que pueda quedar en la escuela de su patrón. El *compagnon* no es solamente el profesional que enseña sino también el tutor que supervisa el empleo del tiempo del aspirante y su entorno, sanciona sus desviaciones, rectifica sus errores, estimula sus cualidades, le transmite su entusiasmo y su amor por el oficio, y le comunica el sentido del honor.

El sentido del honor es el respeto a la palabra empeñada. Es, sobre todo, el orgullo del trabajo bien hecho. Este orgullo es la recompensa suprema del *compagnon*. El *compagnon-fini* pertenece a una aristocracia obrera, a una caballería del oficio. Y el reconocimiento por parte de los pares juega un rol decisivo en la suerte del artesano.

El tercer aspecto de la formación del *compagnon* es la iniciación en el secreto del oficio. Este secreto, revelado solamente a los *compagnons*, por ende, a aquellos que se han mostrado dignos de recibirlo, es la teoría indispensable para realizar construcciones u objetos a medida, respondiendo a un uso único. Debe necesariamente «pensar» en cómo realizar su obra. El medio de esta modelización: el *trait*.

El *trait* es una suerte de geometría descriptiva que puede construirse exclusivamente con la escuadra y el compás, a partir de formas geométricas elementales: el cuadrado, el círculo, el triángulo^{*}. Por una serie de «trucos» los iniciados llegan a construir figuras mucho más complejas y así a diseñar el «plan», en tamaño real, de su fabricación. De este modo pueden diseñar, hasta en el suelo, el trazado de las piezas, a veces muy específicas, que deben ser hechas a «medida» (por ellos o por un ejecutante).

El secreto es también una concepción de la armonía y la belleza del universo. Para los *compagnons* de la Edad Media, todas las obras debían

ser construidas como variaciones de la proporción del «número áureo»^{*}. Podían, con la escuadra y el compás, construir la relación misteriosa. Lo utilizaron en muchas realizaciones, pues consideraban esta proporción como divina. Para ellos, el equilibrio perfecto residía en el respeto a esta relación entre las medidas. Poco importa la escala en la cual las obras sean realizadas, lo que es esencial es respetar la relación. Esta concepción da a la cultura técnica de los *compagnons* una dimensión mística.

La dimensión mística es también alimentada por un esoterismo que confiere una portada simbólica a todas las obras realizadas. El secreto toma así su forma más acabada.

El modelo *compagnonnique* reposa, pues, sobre una exaltación de la acción como poder de transformación de la realidad. En su ideología, el oficio se opone al discurso, el saber-hacer al saber-disertar, el hombre de arte eficaz y útil, al hombre de letras impotente e inútil.

Este tipo de enseñanza, profundo, exigente, de alto nivel y selectivo, ha contribuido a crear una élite obrera, independiente y solidaria, a veces sectaria. El alto nivel de competencia de los *compagnons* los ha hecho indispensables para la realización de ciertas obras, y su número reducido les ha asegurado una posición de fuerza en el mercado del trabajo.

2. 2 La escuela profesional en el siglo XIX: la formación del obrero-artesano, como continuidad del modelo «compagnonnique»

El modelo de la formación *compagnonnique* va a ser continuado por la institución escolar en el siglo XIX, en el momento en que el aprendizaje deja de ser el monopolio de los hombres de oficio. Hacia 1880 habían sido creadas las primeras escuelas profesionales como reacción ante la declinación, incluso la desaparición, del aprendizaje, bajo la presión de la industrialización y de la mecanización. Según los discursos de la época, la ley de la concurrencia explica que los aprendices y hasta ciertos artesanos sean tentados de abandonar el oficio y su saber-hacer por el trabajo asalariado en fábrica, mejor pagado y aprendizaje más rápidamente. La escuela profesional, esencialmente artesanal en su origen, asume la misión de luchar contra la decadencia de los oficios tradicionales y contra la tendencia a la especialización de los trabajadores, esforzándose así para

* N. de la T.: Se refiere a una proporción mística, sinónimo de «lo perfecto». Se hallaba presente en la naturaleza aun eventualmente en la propia mente divina (F.C.).

* N. de la T.: Se refiere a una proporción mística, sinónimo de «lo perfecto». Se hallaba presente en la naturaleza aun eventualmente en la propia mente divina (F.C.).

salvaguardar la identidad del obrero calificado y hacerlo menos vulnerable en el mercado del trabajo.

En este contexto, la escuela profesional elabora una relación teoría-práctica en la continuidad del espíritu del *compagnonnage*. Llamamos a esto: «la inteligencia de la práctica», característica de los discursos educativos constituidos sobre el principio de la *práctica reflexiva*, que pasa por la iniciación del aprendiz en el método y las reglas del oficio. Este método, esas «reglas del arte», organizan el trabajo del artesano y aseguran la calidad de la obra. Son el fruto de la experiencia de los mismos hombres de oficio. El profesor de taller de escuela profesional, también hombre de oficio, tiene como misión proporcionar al alumno-aprendiz este método, estas habilidades manuales, estos saber-hacer, a través de procedimientos que permanecen ritualizados y recuerdan en cierta medida la iniciación del modelo *compagnonnique*.

Si bien la escuela profesional retoma para sí el modelo de la iniciación, lo edulcora, sin embargo, con su dimensión mística, esotérica y, por lo tanto, selectiva. A diferencia del aprendizaje *compagnonnique* que no transmite la teoría más que bajo la cobertura del secreto, la escuela profesional enseña a la luz del día la inteligencia de la práctica. Además, la instrucción que proporciona es colectiva y no se dirige a un aprendiz en particular. De este modo, la escuela intenta sustraer al joven de la relación totalitaria maestro-aprendiz que tenía hasta entonces, conservando la relación teoría-práctica característica del aprendizaje *compagnonnique*: la inteligencia de la práctica reflexiva. La adquisición del saber-hacer sigue siendo lo primero y toda la enseñanza, tanto teórica como práctica, dada en el taller, apunta a la comprensión, la organización y la realización más completa y más perfecta posible de la tarea, cuya puesta en marcha es muestra de la plena iniciativa del trabajador.

2. 3 La escuela industrial en el siglo XIX: la formación del técnico en ruptura con el modelo «compagnonnique»

Un modelo pedagógico radicalmente diferente del de los *compagnons* surgió en el siglo XIX en las escuelas industriales, escuelas de noche y de domingo, antes de ser retomado luego por las escuelas de artes y oficios y toda la enseñanza técnica diurna. Tal como en el modelo del *compagnonnage*, esta formación se dirige a los trabajadores. Entre estos dos modelos pedagógicos existen, sin embargo, diferencias notorias. La

primera es que el trabajador de la escuela industrial no es un artesano sino un obrero de la industria, trabajando con máquinas y no con herramientas. La segunda es que la formación sistemática no tiene lugar en el terreno de la producción sino en una institución de formación, con distinta organización que la empresa: la escuela. No tiene, pues, un vínculo material directo con la actividad productiva.

Desde el vamos, entonces, se instaura una ruptura entre trabajo y capacitación. En la fábrica, el trabajador continúa recibiendo el aprendizaje que le permite ocupar su lugar delante de la máquina; en la escuela, recibe una formación teórica. En la forma más elaborada de este modelo, correspondiente a la formación de prácticos-intelectuales tales como ingenieros, médicos y arquitectos, la adquisición de saber-hacer concretos está reducida, en el lugar de formación, a simples trabajos prácticos. El aprendizaje propiamente dicho, que permite ejercer efectivamente su arte, se remite a las pasantías de fin de estudios, incluso a los primeros tiempos del trabajo en una empresa. La escuela es, ante todo, el lugar donde se adquieren las bases teóricas, permitiendo a la vez aprender a situarse con relación a la técnica y adquirir el «stock» de conocimientos a los que puede recurrir para hacer frente a los problemas de la vida profesional. En cuanto al lugar de trabajo, este es el lugar donde se aprende la práctica del «oficio».

¿Qué objetivos persiguen las primeras escuelas industriales? Su fin es formar trabajadores inteligentes, susceptibles de asimilar las innovaciones técnicas, capaces, como se decía entonces, de «sustraerse a la tiranía de la rutina». También es contribuir a la moralización de los trabajadores a través del aprendizaje de la disciplina, del rigor y de las exigencias, vinculadas a los contenidos enseñados.

¿Qué se aprende allí? En principio, las ciencias (física, química) y la matemática. Si el contenido de estas disciplinas es muy «clásico», la enseñanza tiene la preocupación de poner por delante la dimensión aplicada o más exactamente aplicable de ese saber. Las ciencias y la matemática son presentadas como brechas en el universo del conocimiento que tienen consecuencias en el universo de la producción.³

Las escuelas industriales retoman pues para sí la ideología de las «luces»: el progreso de la humanidad está asegurado por la transformación racional del mundo, hecha posible gracias a los descubrimientos científicos.

³ La afirmación según la cual la ciencia se prolonga en las aplicaciones técnicas se ha revelado parcialmente falsa, históricamente. Ciertas técnicas, como la máquina de vapor, fueron dominadas antes de que los modelos científicos destinados a explicarlas (y que, por lo tanto, hubieran debido inspirar su concepción) hubieran sido elaborados.

El progreso técnico, puesto en marcha por la industria, asegura el bienestar general, el de cada individuo y el de la sociedad en su conjunto.

Al lado de esta formación científica enseñada según el modo transmisivo, como en la enseñanza general, las escuelas industriales enseñan la técnica teórica, es decir la explicación sistemática de las máquinas, de sus principios de funcionamiento, de los procedimientos utilizados para la fabricación y la mecanización, las características físicas y técnicas de las piezas producidas, etc.

Si la aplicación industrial es el objeto principal de la enseñanza de la técnica, esta última no deja de ser una enseñanza teórica donde los principios son expuestos en primer lugar, en función de la coherencia del cuerpo teórico al cual pertenecen y no por su capacidad de explicar tal o cual realidad de la producción en su complejidad.

Los cursos técnicos teóricos, tomando el razonamiento y lenguaje de los cuerpos científicos, se dirigen principalmente a mostrar que las innovaciones técnicas, y en particular las máquinas, derivan de las leyes científicas. Esta filiación proporciona a la técnica toda su legitimidad. No es más que a título secundario que los cursos técnicos teóricos exponen los diferentes usos prácticos de estas innovaciones.

Nosotros llamamos a la relación teoría-práctica que caracteriza a la escuela industrial y a la formación del técnico: «la inteligencia de los principios». En este modelo, el saber científico y técnico está primero: es él el que dirige la práctica. Se supone que este saber teórico enseñado en la escuela abre la inteligencia del obrero de elite a la comprensión de las leyes de la naturaleza, de las cuales derivan el maquinismo y las innovaciones técnicas, que aparecen como otras tantas aplicaciones sensatas de la ciencia. Dicho de otra manera, hacer entrar al obrero en el universo de la ciencia es hacerle compartir, aunque no sea más que parcialmente, la capacidad de comprender y de actuar sobre la transformación del mundo. Es aumentar su dignidad y el valor de su trabajo proporcionándole los medios para entrar al mismo nivel en la dinámica del Progreso, en la cual entra la industria y toda la sociedad.

Si la formación dada en la escuela industrial es ante todo teórica y fundada sobre la transmisión de la palabra, esta no se contenta con simples exposiciones sino que también proporciona materiales para ver. Las escuelas industriales poseen láminas, colecciones, etc.¹⁰. Estos objetos ilustran datos científicos en dos o tres dimensiones (la cristalografía, por

¹⁰ Como ciertas escuelas no tienen los medios de ofrecer equipamientos de laboratorio y de demostración, la creación de «museos industriales» viene a suplir esta carencia.

ejemplo), matemática (la geometría de sólidos, por ejemplo), las leyes de la astronomía (el movimiento de los planetas, por ejemplo). Presentan también, bajo la forma de modelos reducidos, máquinas que pueden ser puestas en movimiento. Estas maquetas son a menudo construidas de modo que permitan ver los mecanismos constitutivos de la máquina. El principio pedagógico de estos objetos es «mostrar para hacer comprender»¹¹.

Se otorga un lugar muy importante al diseño técnico o industrial. Esta importancia se justifica, al parecer, por dos razones. La primera es la necesidad de disponer en la fábrica de un lenguaje que permita la comunicación profesional. Este debe ser, a la vez, riguroso (las piezas se deben sujetar a un pliego de condiciones) y sinéctico (decir mucho en poco espacio).

Pero al mismo tiempo, la ascesis y la disciplina ligadas al aprendizaje del diseño técnico, que pasa por la realización de numerosos dibujos en tinta china, enseñan al obrero de elite el cuidado, la limpieza, la claridad, toda una serie de habilidades y de cualidades morales muy útiles en la fábrica. El entrenamiento en el diseño técnico completa pues, en el plano físico, el aprendizaje moral que la formación científica y matemática aseguran en el plano del espíritu. El buen trabajador ve claro intelectualmente y procede, en el plano material, con orden y método¹².

La formación en el modelo transmisivo de la inteligencia de los principios se opone, en diversos aspectos, a la formación en el modelo iniciático de la inteligencia de la práctica reflexiva.

En el modelo transmisivo la formación no se inscribe en una progresión que va del dominio de las tareas más simples hacia tareas más complejas, sino que pasa por la acumulación cuantitativa de materias y por la asimilación de una suma cada vez más extendida de conocimientos. No se trata de formar un maestro de obra como en el modelo iniciático, sino más bien un «sabio», en cuanto a todo lo que pueda servir para innovar en la fabricación.

En el modelo del *compagnon* como del obrero-artesano, la concepción está estrechamente vinculada a la realización de la tarea. Al contrario, en

¹¹ La tradición pedagógica de la «mostración» como ilustración de la demostración se remonta al menos al siglo XVIII: encontramos ejemplos de esta didáctica en las láminas grabadas de la Enciclopedia y en los modelos reducidos de Vaucanson que se remontan al origen del Conservatoire National des Arts et Métiers de París.

¹² El dibujo técnico o industrial se distingue del *trait* del *compagnonnage* por el hecho de que es un lenguaje, un código utilizado para asegurar la comunicación entre las concepciones de los ingenieros y la fabricación por parte de los obreros. Por su lado, el *trait* es un procedimiento de geometría descriptiva que permite «trazar» las medidas y las formas a construir. El *trait* tiene también una dimensión metafísica, a diferencia del diseño industrial que es exclusivamente funcional.

el modelo del técnico, las funciones de concepción y de ejecución están sistemáticamente separadas. Los dos modelos llevan así a dos modos de producción fundamentalmente diferentes.

Finalmente, en el modelo de la práctica reflexiva, teoría y práctica se entrecruzan y tienden a converger, mientras que en el modelo de la inteligencia de los principios, teoría y práctica evolucionan sobre dos ejes paralelos y la práctica se subordina a la teoría.

Agreguemos que el modelo de inteligencia basado en los principios se dirige a dos categorías bien particulares de trabajadores de la industria: por una parte, a los técnicos, intermediarios entre los escritorios de planificación y los obreros de estricta ejecución; por otra parte, a los expertos de los escritorios de planificación, encargados de concebir y de materializar el objeto y los procedimientos de la producción. Este modelo de formación es ciertamente menos cerrado que el de los *compagnons*, pero permanece, a pesar de todo, selectivo, pues está destinado a un pequeño número de trabajadores meritorios que mediante su formación están llamados a devenir obreros de élite.

2. 4 La enseñanza técnica evoluciona durante el período entre las dos guerras: la formación del obrero especializado

El modelo del obrero-artesano heredado de los oficios artesanales se ha visto transferido al obrero profesional de fábrica en el siglo XIX, en el momento de la primera fase de la industrialización. Esta fase está caracterizada por una mecanización elemental, una división del trabajo débil y una organización del trabajo simple.

A continuación, el desarrollo industrial pasa por una segunda fase, después de la primera guerra mundial; esta fase se caracteriza por una mecanización más sofisticada, una división del trabajo más marcada (inspirada en el taylorismo), y una organización del trabajo más compleja (ligada a empresas de mayor envergadura). En ese momento, en la cima de la jerarquía de los trabajadores industriales, el obrero-artesano tiende a ser suplantado por el técnico. En la base de esta nueva jerarquía profesional emerge una nueva categoría de trabajadores, relativamente numerosa: la del obrero especializado. Este último es llamado a su turno a formarse y distinguirse así del simple chapucero.

La escuela técnica y profesional va a seguir esta evolución social y se encargará, entre las dos guerras, de la formación del obrero especializado (por lo menos en la base de su «cursus», pues los últimos años de la

escuela técnica continuán centrándose en la formación del técnico, como en el caso de las escuelas industriales y de las escuelas de artes y oficios del siglo XIX). El nuevo modelo en vigor en la escuela técnica para la formación del obrero especializado debe darle la capacidad de interpretar y ejecutar consignas de trabajo provenientes de arriba, expresadas en códigos complejos y sometidas a un control exterior. No se trata ya, como en el modelo de la práctica reflexiva y la formación del obrero-artesano, de aprender a elaborar sus propias consignas y a controlar por sí mismo su propio trabajo, en el interior de un entorno relativamente simple.

Así se construye, en la escuela técnica y profesional, una nueva relación teoría-práctica que nosotros llamamos: «inteligencia de la práctica controlada». Según esta nueva concepción, el planteo que precede inmediatamente al trabajo en el taller consiste en dar el porqué y sobre todo el cómo de la tarea a realizar, es decir los procedimientos a seguir y las normas a respetar por el alumno, conforme al «método razonado de trabajo». Este «método» ya no privilegia la iniciativa y la autonomía del trabajador frente a la tarea a realizar, sino más bien el respeto de consignas externas, concebidas por la oficina de métodos. Se enseña pues al futuro trabajador a ser un ejecutante inteligente, es decir capaz de comprender las instrucciones recibidas y de ejecutarlas fielmente, con un máximo de precisión y rapidez.

En el modelo de la práctica razonada el buen fundamento de los procedimientos impuestos desde el afuera es legitimado gracias a las referencias hechas a la ciencia, teóricas, puntuales y parciales. Estas referencias jalonan las explicaciones dadas en el cuadro de los cursos prácticos en el taller. Los cursos técnicos, por su parte, están consagrados a transmitir, al mayor número de alumnos, una formación teórica sistemática (pero de nivel elemental) en el dominio de las ciencias y de las técnicas, según el modelo de la inteligencia de los principios, heredada de la escuela industrial.

Por la combinación de estos dos modelos y su refuerzo recíproco, la práctica es puesta, así, bajo la tutela directa de la ciencia, en la formación del obrero especializado.

Nuestra hipótesis es que estos tres modelos contruidos por la escuela técnica y profesional conforme a su historia, el uno centrado sobre la formación del obrero-artesano, el otro sobre la formación del técnico, y el tercero sobre la formación del obrero especializado, son las referencias explícitas o implícitas de la mayor parte de las declaraciones actuales sobre la cultura técnica, sobre su contenido, sus posturas y sus destinatarios. En nuestra opinión, la elaboración de una nueva aproximación a la formación científico-técnica, menos ligada a la

producción industrial, incluso a la producción a secas, debería tener en cuenta el establecimiento de estos modelos, pues marcan en profundidad tanto las representaciones de los docentes como las de los alumnos, en función del lugar que ocupan en la escuela o en el universo del trabajo.

Bibliografía de las obras citadas

- Bartet, P., Gurgand J., (1980). *Ils voyageaient la France. Vie et traditions des Compagnons du Tour de France Au XIX siècle*, Paris, Hachette.
- Bayard J., (1990). *Le Compagnonnage en France*, Paris, Payot.
- Belhoste B., (1989), «L'éducation technique de l'encyclopédie à Saint-Simon», en *Education Permanente*, n° 98, pp. 37-52.
- Chancercel J., (1991), «Education et technologie: éléments de réflexion», en *Revue européenne des sciences sociales*, Tomo XXIX, N° 91, pp. 159-175.
- Delbos, G., Jorion P., (1984). *La transmission des savoirs*, Paris, Maison des sciences de l'homme.
- Dubet, F., (1991). *Les Lycéens*, Paris, Seuil.
- Fourez G., (1992). *La construction des sciences*, Bruxelles, De Boeck.
- Grootaers D. (coordination), (1984). *Culture mosaïque. Approche sociologique des cultures populaires*, Bruxelles, Lyon, Vie ouvrière/Chronique sociale.
- Grootaers D. (1991). «Former des praticiens-chercheurs», en *Pédagogies*, n° 33, septembre, pp. 49-62.
- Grootaers D., (1994). *Phylogénèse de l'enseignement technique belge (1860-1960). Mise à jour des formes structurelles, des modèles pédagogiques et des logiques sociales fondant l'enseignement technique masculin et féminin*, Tesis de Doctorado en Sociología, Université Catholique de Louvain.
- Grootaers D., Tilman F., (1986). «Conduire une action, construire un savoir», en *Education permanente*, n° 85, octobre, pp. 39-49.
- Grootaers D., Tilman F., (1987). «La théorie et la pratique. Le pot de fer contre le pot de terre», en *Critique régionale*, n° 15, junio, pp. 29-44.
- Tilman F. (1991). *Valise pédagogique. 1. La construction des savoirs*, Lille, Centre National de Formation de L'enseignement Technique Privé.
- Vincenot, (1972). *Le Pape des escargots*, Paris, Denoël.
- Vincenot, (1982). *Les étoiles de Compostelle*, Paris, Denoël.

Hacia una nueva cultura frente a las técnicas

Francis Tilman

¿Cuáles podrían ser el contenido y la pedagogía de una cultura técnica para hoy, mirada desde el punto de vista más concreto de la enseñanza técnica? El capítulo que precede muestra que no hay respuesta simple a esta pregunta porque una perspectiva pedagógica nueva debe a la vez tener en cuenta las concepciones tradicionales de la formación técnica, siempre presentes, y estar atenta a los cambios estructurales profundos que afectan a las sociedades actuales para las cuales se necesitan nuevos modelos. Además, cuando las tecnologías se consideran desde la perspectiva de la enseñanza técnica, las actitudes, las capacidades y las aptitudes de las cuales se habló en el capítulo precedente toman otros aspectos y se describen en términos más concretos.

Los primeros capítulos de esta obra han mostrado que antes de entrar en el examen del contenido que se dará a la noción de cultura técnica contemporánea, hay que esclarecer una elección política. ¿Se quiere una cultura de la subordinación y de la prescripción, un acceso al dominio¹ o, en fin, la posibilidad de negociar² con las tecnologías? Es dentro de esta última perspectiva que nosotros enfocaremos la cultura técnica.

¹ En el uso cotidiano de la tecnología doméstica, por ejemplo, esta actitud se evidencia en el usuario que quiere descubrir por sí mismo «cómo funciona esto», sin aceptar dejarse guiar por otra persona o por indicaciones sobre el modo de empleo, persuadido de que él tiene un saber suficiente, o los recursos intelectuales para llegar a él. Es raro que tal actitud tenga éxito acabado pues las nuevas tecnologías introducen siempre novedades de funcionamiento y nuevas convenciones que son casi imposibles de adivinar... sin hablar del costo en tiempo y energía para llegar a ellas. Notemos con todo que aun los creativos y quienes toman las decisiones deben trabajar sometidos a obligaciones que les son impuestas. Por otra parte, entre su concepción y su utilización general, una tecnología sufre muchos avatares y toma formas imprevistas. En fin de cuentas, nadie puede decir que ha deseado y dirigido plenamente la evolución tecnológica; Cf. Seze (1992).

² Latour (1989). En un artículo reciente, D. BOUTIER (1992) propone una tipología próxima a la nuestra. Este distingue, frente a la máquina, la actitud «heteronómica» que ubica la utilización sin poder, con total dependencia de la ayuda del especialista; la actitud «autonómica» en la cual el usuario se considera como perfectamente dominador del artefacto y resiste a todo aporte exterior, y, en fin, la actitud «didáctica» que acepta repartir el poder entre el especialista y el usuario.

1. El modelo «práctico-formalizado» del usuario inteligente

Una primera concepción contemporánea de la cultura técnica podría ser la del «usuario inteligente». Su contenido nos llega desde un análisis de las necesidades de competencias resultado de las tecnologías nuevas.³ Aunque estas últimas se han desarrollado sobre todo en las empresas (productiva, burocrática), penetran en la vida cotidiana, donde transforman las prácticas y las representaciones.⁴

Hablo del usuario y no del operador o del trabajador porque la frontera entre el trabajo y el universo doméstico se esfuma cuando se trata de utilizar tecnologías nuevas. El empleo de máquinas programables exige en todas partes el mismo tipo de competencias. Dicho de otro modo, si esta cultura técnica es necesaria al futuro trabajador y debe, pues, formar parte integrante de la formación profesional, ella concierne igualmente a todos los ciudadanos: hay que evitar que se desarrolle un analfabetismo tecnológico que privaría a sus víctimas de toda posibilidad de «negociar» la técnica.⁵

Desde esta óptica, debemos excluir las aproximaciones didácticas que yo llamaría «procedimentales», que no persiguen más que la adquisición de formas de manipular estandarizadas. En efecto, esta pedagogía no se muestra eficaz más que para el aprendizaje del empleo de sistemas tecnológicos cerrados.

Yo llamo «sistema tecnológico» cerrado a los instrumentos concebidos de tal manera que no es posible obtener de ellos más que servicios limitados. Su utilización se reduce a algunas elecciones relativas a funciones restringidas. Dichos instrumentos no pueden pues desembocar en usos creativos u originales. Los robots encargados de la pintura en la industria y las máquinas de lavar en el universo doméstico son ejemplos de este tipo de sistemas.

³ Ver, por ejemplo, las diferentes colaboraciones contenidas en la obra colectiva bajo la dirección de MALCAVE (1987).

⁴ La revista *AUTREMENT* (1992) examina con mucha finura, en profundidad y con humor, las transformaciones acarreadas por estas innovaciones.

⁵ Lasakovic habla igualmente del peligro de la tecnofobia que privaría a aquellos que están afectados por esta enfermedad, de los usos y servicios que brindan las tecnologías contemporáneas. Ver también CHANCEREL (1991).

Por el contrario, los sistemas tecnológicos abiertos, como la computadora personal o las máquinas que responden a comandos numéricos, tienen la posibilidad de ser programados para la ejecución de productos y de servicios específicos, originales, según lo desee el usuario que indagará al aparato para saber si es capaz de satisfacer sus expectativas. El instrumento puede entonces inscribirse en proyectos sociales variados.

El aprendizaje de la utilización de sistemas tecnológicos cerrados puede hacerse eficazmente a partir de «modos de empleo» o de «guías didácticas» claros, lógicos, completos, en una óptica adaptativa, apuntando al dominio de los procedimientos y de los comandos.⁶

Esta pedagogía, que es fácil y da seguridad, tiene tendencia a extenderse al aprendizaje del manejo de los sistemas tecnológicos abiertos, y aquí aparece más un impedimento que una ayuda. En efecto, la aproximación «procedimental» está en contradicción «esencial» con la finalidad de los sistemas abiertos y sólo la comprensión de su lógica, de su estructura, etc., permite una utilización máxima y adecuada. Es por esto que hablaré, para este paradigma pedagógico, de didáctica comprensiva.

Otra dimensión de esta cultura deriva de la elección a realizar, concerniente esta vez al grado de manejo de la herramienta que se considere que debe adquirir el usuario. ¿Hasta dónde es deseable que éste pueda asegurar por sí mismo el mantenimiento de su máquina? El mantenimiento consiste en efectuar el cuidado corriente de los aparatos, con el fin de garantizar las condiciones materiales del buen funcionamiento. Pero consiste igualmente en diagnosticar las fallas y repararlas.

La investigación tecnológica trata de reducir al máximo los cuidados y facilitar las reparaciones, por medio de una construcción modular de las máquinas: en esta perspectiva no se reemplaza la pieza defectuosa sino el módulo que la contiene. El desarrollo de esta estrategia conduce a hacer más fácil el mantenimiento por el mismo usuario. También es necesario que este último tenga, además de la habilidad manual requerida para tal trabajo, un conocimiento suficiente de la máquina como para diagnosticar con pertinencia la naturaleza de la avería.

⁶ Las indicaciones sobre el modo de empleo no son sin embargo jamás perfectas por una multitud de razones: uso de un vocabulario técnico no comprendido por el usuario, progresión en la exposición no conforme al comportamiento real del operador, referencia a un uso estándar mientras que el acceso al modo de empleo se hace desde ángulos diferentes, recurso al modo de empleo por razones diversificadas en el curso del tiempo (aprendizaje, perfeccionamiento, diagnóstico, reparaciones, etc.). Cf. BOULIER (1992).

2. ¿Cuáles son las competencias que debe poseer un usuario inteligente?

En principio, debe comprender la herramienta que utiliza. Comprender la herramienta quiere decir conocer el funcionamiento de la máquina. Comprender es también modelizar. El usuario se construye un «sistema abstracto» (una representación) que articula los lazos entre las diferentes partes de la máquina. En este esquema mental, la función y la manera de utilizar cada elemento de la máquina son formalizadas.

Esta comprensión puede exigir, por su parte, conocimientos de diferentes disciplinas, tanto en ciencias como en tecnologías teóricas. Sin embargo, estos conocimientos están limitados a su comprensión en función del uso y no de una investigación por sí misma.⁷

Segundo registro de las competencias: **conocer la lógica del funcionamiento de la máquina**. La máquina ha sido construida para ser usada de una cierta manera, según una cierta lógica. Por lo tanto se impone la inteligencia de esta lógica. Esta comprensión permite así superar una utilización exclusivamente «procedimental», y facilita también la comprensión de los bloques o de los errores; permite, en fin, servirse de la máquina con fines personales que no son, en principio, los previstos por quienes la concibieron.

Por último, las manipulaciones mismas no serán posibles si el individuo no posee las **aptitudes requeridas por la ergonomía de la herramienta**, como la comprensión de los códigos, por ejemplo. Además, éstas exigen el dominio de capacidades intelectuales generales. Entre ellas, señalamos la posibilidad de abstraer (es decir «asir» una realidad a través de manipulaciones simbólicas), de anticipar (prever un desarrollo y un resultado, en función de la aplicación de ciertas «reglas»), de analizar (poder descomponer un problema en sus partes y establecer los vínculos entre ellas), de resolver problemas (capacidad de encontrar, por tanteo experimental, la solución a un problema), etc.

⁷ No siempre es necesario conocer los principios «científicos» o «tecnológicos» sobre los cuales están construidas las partes de la máquina, para explotar inteligentemente sus posibilidades. Es suficiente con disponer de un modelo de utilización adecuado. El uso inteligente de una máquina no postula que haya que abrir las «cajas negras» que son los componentes del aparato.

La pedagogía de este modelo debe situarse en la articulación entre teoría y práctica. Es el concepto de **representación**⁸ o de **concepción**⁹ el que parece ser la clave de esta didáctica. Estas nociones evocan el cuadro de referencia mental que permite comprender la realidad.

La tecnología nueva vuelve caducas las viejas representaciones o concepciones de la técnica. El usuario debe, pues, construirse otras nuevas sobre la base de la experiencia (la práctica). Nosotros estamos ubicados en un paradigma teórico constructivista.

Las puestas en marcha pedagógicas con miras a estos objetivos deben apoyarse en la **resolución de problemas reales**, que son otros tantos desafíos intelectuales. Sobre la base de un va y viene entre los ensayos y su formalización, las representaciones se modifican hasta llegar a ser pertinentes, es decir que permiten cumplimentar eficazmente los actos deseados¹⁰. Esta dialéctica desarrolla las capacidades mentales y los procedimientos intelectuales que las movilizan. Es también la ocasión de adquirir los conocimientos, los saberes que son necesarios para la comprensión de la práctica.

Estos saberes están integrados en el «sistema de representaciones» del alumno. En consecuencia, ellos son extraídos de los sistemas teóricos en los cuales se ubicaban normalmente, para imbricarse en representaciones o concepciones relativas a objetivos de acción precisos. El individuo funciona por medio de «islotes de racionalidad»¹¹, fragmentos de saber surgidos de disciplinas intelectuales diversas, movilizables por la acción, cuya validez proviene de su eficacia para resolver los problemas cotidianos y no del valor científico de la teoría de la cual se extrajeron.

La enseñanza-aprendizaje de este modelo debe, pues, desenvolverse en situación real. Como mínimo, es necesario disponer de una simulación interactiva. Lo ideal es poder actuar sobre dispositivos materiales, de tamaño natural¹². Pero, al mismo tiempo, no puede ser cuestión de adquirir

⁸ MOSCOVICI (1976) o también BELSLE y SCHIELE (1984).

⁹ GIORDAN y DE VECCHI (1987).

¹⁰ MALGAIVE (1987) y CHANEREL (1991), entre otros, desarrollan modelos teóricos del funcionamiento cognitivo de este tipo de aprendizaje.

¹¹ FOURCZ (1990-2).

¹² La simulación tiene una debilidad congénita: se bate en el vacío. Si permite los ensayos sin riesgo material y sin costo financiero, termina siempre por aparecer como artificial y la necesidad de trabajar «de veras», sobre el material mismo, finalmente se impone. Sin embargo, esta didáctica aparece especialmente indicada.

las competencias en situación de producción real¹³. En efecto, cómo tantear, plantearse interrogantes, adquirir progresivamente el lenguaje, etc., estando sometidos de inmediato al ritmo de producción que exige movilizar toda la energía y el tiempo en ejecutar el trabajo y no en comprenderlo. Es por ello que en esta formación se deben utilizar equipamientos reales fuera de los períodos de clase o en otros lugares, por ejemplo la escuela o el centro de formación. El centro de formación, en sentido amplio, será pues el lugar de aprendizaje¹⁴.

Yo llamo **teorización pragmática** al nivel de formalización requerido por la cultura científica del usuario. El tanteo, aun coronado por el éxito, no es suficiente para estabilizar nuevas representaciones. Estas no serán tales si no son formalizadas de manera explícita. Esta conceptualización pasa por un lenguaje: el código. Pero el dominio de éste no es suficiente. El código permite solamente saber cómo «hablar» a la máquina, pero no trae consigo, sin embargo, la comprensión de «cómo pasa esto», ni de «cómo trabaja la máquina», etc.

Parece que la **esquemmatización**, es decir, la construcción de esquemas para hacer inteligibles fenómenos complejos sin haber recurrido a la

como estrategia complementaria, en el estudio de los problemas encontrados sobre el terreno, para poder llevar más lejos y con más tiempo, la reflexión para resolverlos.

¹³ Estas precisiones conciernen al dominio de las «tecnologías llamadas industriales». Chancelier, ya citado, pretende que es posible construir en la escuela «sistemas de representación» pertinentes para un uso inteligente de las tecnologías cotidianas, si se utilizan desde muy temprano didácticas de aprendizaje que emplean tecnologías educativas. Así, buscando aprender un contenido definido en un cierto dominio del saber, el alumno aprende, además, las competencias necesarias para un uso autónomo de las tecnologías a través de las cuales son transmitidas.

Esta posición pedagógica plantea sin embargo un problema: el dominio del empleo de útiles tecnológicos necesita un aprendizaje, lo que el autor reconoce. ¿Es evidente que ese dominio pueda extenderse sin realizar un aprendizaje científico organizado y «como jugando», mientras que el alumno se concentra sobre otros contenidos y persigue otros aprendizajes?

¹⁴ El costo de algunos equipamientos es tan elevado que se toman prohibitivos para ciertas escuelas. Frente a este hecho se utilizan diversas estrategias: ya sea que varios establecimientos escolares se reúnan para adquirirlos y utilizarlos por turno; ya sea que las empresas pongan su equipamiento a disposición de los estudiantes fuera del tiempo de producción; ya sea que las mismas creen su centro de formación, con el equipamiento actualizado, para su personal propio pero también abierto a las escuelas (LEMOINE 1991).

formalización verbal o matemática, fuera un instrumento eficaz de dicha teorización pragmática. La paleta muy amplia de las formas de esquematización¹⁵, como el dibujo anotado, el croquis, el esquema orgánico, estructural, normalizado, funcional, el plano (sin hablar de los gráficos y de los diagramas), ofrece la posibilidad de «mostrar lo real no tal como se lo ve sino como se sabe que es»¹⁶.

Hijas de la modernidad por su concepción, las nuevas tecnologías y la cultura técnica del usuario que es quien las hereda, son posmodernas por su utilización, inscriptas en una ideología de la eficacia y de la «convivencialidad». Los discursos innovadores insisten mucho, aun cuando la realidad no esté siempre de acuerdo con ellos, sobre la dimensión postaylorista, más colectiva, socialmente consensuada, que apela a la autonomía, a la responsabilidad y a la iniciativa de El individuo, con respecto a los usos contemporáneos de estos equipamientos. Al mismo tiempo, se desprende la imagen emblemática de un operador eficaz y dueño de sí, capaz de domesticar la tecnología.

La función social de esta cultura es doble, según se sitúe del lado de los empresarios o de los usuarios. Por razones inherentes al estado actual del desarrollo capitalista, el empresario tiene necesidad de un nuevo perfil de trabajador más flexible intelectual y psicológicamente¹⁷. En cuanto a los demócratas y los progresistas, quieren desarrollar en el Individuo, frente a una nueva identidad, un materialismo que no vuelva a ser derrotista, hecho de sumisión o, a la inversa, quimérico, fantaseando con una tecnología perfectamente domesticada al servicio de los deseos de cada uno. A través de la búsqueda de este modelo pedagógico del usuario inteligente, se desprende la imagen, socialmente consensuada, de un

¹⁵ El excelente dossier de la revista *CIBLES*, n° 25 (1991), presenta estas diferentes formas y examina el valor heurístico de estos implementos.

¹⁶ DAVY (1991). Este lenguaje de formalización que es la esquematización parece pues ser a la cultura técnica del usuario, lo que el *travail* era a la cultura técnica *compagnonnique* y el dibujo técnico a la cultura técnica industrial.

¹⁷ Y «flexible» socialmente, al nivel del mercado de trabajo, de los acuerdos salariales, de la organización del tiempo de trabajo, etc. Hay a menudo un deslizamiento entre estas diferentes dimensiones de la flexibilidad, la flexibilidad intelectual y psicológica puesta por delante para tentar de obtener, sobre la marcha, una organización del trabajo liberada de obligaciones legislativas, mientras que los dos aspectos no están ligados por un vínculo de necesidad. Sobre las posturas acerca de la flexibilidad, ver CARTON (1988).

trabajador y de un ciudadano de nivel intelectual más elevado, con exigencias de sociabilidad más fuertes, en suma, un individuo más participativo¹⁸.

3. El modelo «informativo-analítico» del ciudadano lúcido

Se puede limitar la formación de los jóvenes y de los adultos al desarrollo de las aptitudes del usuario inteligente. Se puede, sin embargo, estimar que la enseñanza y la educación permanentes deben hacer algo más para otorgar a todos los individuos los medios que les permitan devenir no solamente usuarios eficaces sino también personas lúcidas, críticas y responsables, lo que nos remite a querer formar ciudadanos capaces de pensar la técnica.

Pensar la técnica es ante todo conocer los productos de la tecnología. Este contenido tiene una dimensión enciclopédica y constituye una suerte de topografía intelectual del universo de las técnicas¹⁹. Una historia de los grandes desarrollos tecnológicos parece ser el eje de estructuración intelectual que permita ordenar esta profusión de instrumentos y de prácticas que son las tecnologías²⁰.

Pero más fundamentalmente, para cada una de ellas, todo ciudadano alfabetizado tecnológicamente, debería poder plantearse interrogantes y, sobre todo, ser capaz de encontrar respuestas (a través de la investigación documental, la consulta de expertos, etc.) a fin de saber de qué se habla.

¹⁸ Este discurso que pone de manifiesto el carácter intrínsecamente creativo, participativo, convivencial de las tecnologías nuevas, para inscribirlas en una ideología más general, francamente posmoderna, de la valorización y de la liberación de El individuo gozando a fondo del instante presente, tiene una dimensión mistificadora, pues borra las condiciones sociales de utilización de las tecnologías, mientras que estas últimas son determinantes para hacer de estos instrumentos nuevos medios de emancipación o, por el contrario, de control social. Grillas de lectura de esta postura para el sector de la informática, en MOENS, VALENDUC (1986) y BERLEUR et al. (1986).

¹⁹ Se encontrará en MACCIO (1990) y en *LES CAHIERS FRANÇAIS* (1985), exposiciones destinadas a un gran público, a fin de permitirle recorrer ese panorama.

²⁰ Sobre este camino uno se dejará guiar, por ejemplo, por el excelente libro de JACOMY (1990), *Une histoire des techniques*.

En esto, la perspectiva desarrollada aquí se une con la propuesta para la enseñanza general²¹ planteada anteriormente en este volumen.

Esto también significa poder comprender las lógicas del desarrollo y de la extensión de las nuevas tecnologías. La emergencia de las tecnologías y su difusión no son fruto del azar sino la conjunción de una serie de factores. ¿Cómo y por qué los determinantes puramente técnicos se combinan con los económicos y los sociales, para crear una dinámica de innovación que se traduce en un «reino maquinista»?²² Este tipo de preguntas son las que el ciudadano lúcido debe poder responder.

DEFORGE²³ propone una secuencia muy interesante para interrogarse acerca de las relaciones entre la técnica y la sociedad: enfoca el objeto técnico e invita a estudiarlo desde cuatro puntos de vista.

Primera mirada, la que estudia los productos de un «sistema de producción». Este punto de vista consiste en preguntarse sobre «cómo» está producido el objeto y también «por qué» se procede así, permaneciendo atento, desde el vamos, a la relatividad espacial y temporal de las maneras de fabricar el objeto.

Segunda mirada, la que se refiere a los objetos dentro de un «sistema de consumo». El objeto es una mercadería sometida a las leyes del mercado, a los fenómenos de la moda; es portador de una carga simbólica y su consumo tiene una significación social.

Las máquinas pertenecen también a un «sistema de utilización». El hombre está asociado a la máquina para hacerla funcionar. Cada máquina se inscribe en una «línea» y la relación hombre-máquina varía en el tiempo.

²¹ Estas son preguntas del tipo: ¿Qué función debe cumplir la tecnología? ¿Cuáles son los conocimientos y el «know-how» necesarios para emplearla?

²² La expresión es de DENIZOU. Citado por JACOMY, 1990. Se puede también llevar esta interrogación más lejos y preguntarse, como lo hace por ejemplo PIVET (1986), de qué manera la innovación tecnológica se inscribe en un conjunto de las relaciones sociales dentro de una época, para establecer un modo de producción y una forma de organización social que dan forma a la vida cotidiana de las diferentes clases sociales. Dicho de otro modo, ¿cómo contribuye la innovación técnica a hacer la historia de efectos de su utilización. Estos efectos son seguramente materiales, pero también psicológicos (placer o angustia, modificación de la imagen de sí mismo...), económicos (incidencia sobre la productividad, sobre el empleo, sobre el tipo de producto vendido, las relaciones, en la comunicación, en la legislación...), ecológicos (modificaciones de los equilibrios y de los ecosistemas...), etc.

²³ DEFORGE (1985).

El usuario de técnicas sucesivas es pues, cada vez diferente. Esta aproximación estudia cómo se organiza y se vive el acoplamiento que enlaza el individuo a la máquina.

El último punto de vista propuesto es el que considera los «sistemas de objetos». Se puede agrupar en una misma «familia» a los objetos que cumplen las mismas funciones, aunque sean de tipo y de naturaleza diferentes (todos los medios de transporte, por ejemplo), y en el seno de una «línea», los que están vinculados entre ellos por una sucesión de perfeccionamientos del principio que los anima (desde los primeros trenes hasta el T.G.V., por ejemplo).

Esta aproximación es necesariamente **interdisciplinaria**, como ha sido ya expuesto en la perspectiva de la enseñanza general.

La didáctica de una cultura técnica del ciudadano lúcido descansa sobre la investigación de documentos y la consulta de fuentes autorizadas. Este camino supone que los alumnos hayan sido interrogados previamente, es decir que hayan definido y analizado el problema que les interesa, a fin de establecer el contenido y el tipo de informaciones que necesitan²⁴.

Lo que es necesario comprender son las razones del surgimiento de una tecnología, las condiciones de su funcionamiento y las consecuencias de su utilización. Esta postura impone que el objeto de estudio sea concreto, no en cuanto a que sea necesario que su contenido esté incorporado a la experiencia familiar de los alumnos, sino a que el interrogante inicial se refiera a la materialidad y a su transformación, y no a un problema formal.

Este carácter concreto no significa por lo tanto que no sea necesario «problematizar» las preguntas de partida o modelizar los resultados obtenidos. ¡Al contrario! La secuencia consiste precisamente en tratar la curiosidad inicial de tal manera que la encuesta se refiera a la investigación de respuestas precisas a cuestiones precisas. Formular buenas preguntas, susceptibles de ser objeto de un tratamiento intelectual, es una tarea que exige un sólido bagaje cognitivo. Las respuestas halladas deben enseñada ser articuladas en una síntesis comunicable e inteligible para un público exterior. Es precisamente este esfuerzo de comunicación lo que impulsará a la modelización de las informaciones recogidas y comprendidas²⁵.

²⁴ Se encontrará un ejemplo teorizado de ese tipo de actividad, aplicado al dominio de las ciencias, en CALANDE, DE BRUGER (1990).

²⁵ En este caso también el saber se organiza en «islotos de racionalidad» o en «sistema de representaciones». Pero a diferencia de aquellos construidos por los

Formar un ciudadano lúcido nos retrotrae a la necesidad de dar una instrucción tecnológica. Es necesario tomar la palabra instrucción en la acepción que le dieron los promotores de la instrucción obligatoria, a saber: proporcionar conocimientos nuevos con el fin de contribuir a la emancipación de todos los ciudadanos. De hecho, la instrucción es más que la transmisión de saberes. Es también el desarrollo de los medios intelectuales para su utilización. La ideología del modelo «informativo-analítico» de la cultura técnica es pues una forma actualizada y operativizada, gracias a los progresos de la pedagogía, de la ideología de los progresistas de principio de siglo²⁶, que apostaban a la emancipación intelectual de los ciudadanos para afianzar la democracia.

La cuestión queda sin embargo abierta en relación a saber hasta dónde debe llegar esta instrucción. Si en el siglo XIX era relativamente fácil determinar lo que constituía la formación de base (que ha dado el contenido de la escuela primaria), es mucho más difícil hoy establecer el inventario de una instrucción tecnológica. La amplitud del lema impide la pretensión de lograr la exhaustividad. El ideal de la Enciclopedia de describir el conjunto de oficios y de técnicas existentes es hoy una quimera. Sin duda, más que acumular un bagaje de nociones y de informaciones, es más pertinente, como en la escuela primaria donde se enfocó el aprendizaje de funciones intelectuales de base (leer, escribir y calcular), promover la adquisición de una metodología de análisis de los efectos de la técnica, transferible por el individuo a su entorno social y político. Pero sigue siendo cierto que la alfabetización tecnológica supone que se pueda manipular una masa de informaciones, a veces complejas y por ende que se sepa dónde encontrarlas, cómo orientarse, y cómo tratarlas²⁷.

usuarios inteligentes que versan sobre el modo de empleo eficaz de la técnica, los sistemas de representaciones del ciudadano lúcido integran una comprensión de las condiciones de la creación de una tecnología y de las incidencias de su utilización. Un ejemplo de una aproximación didáctica inspirada en la sistémica y apoyada sobre la esquematización, en DOULIN y DAVY (1992).

²⁶ Herederos de los pensadores de la revolución francesa como Condorcet, que habían retomado por su cuenta ciertas convicciones de los «enciclopedistas».

²⁷ Esta cuestión pedagógica es examinada, en lo que concierne a la formación de adultos, por GROOTAERS (1991).

4. El modelo «práctico-experimental» del creativo eficaz

Al lado de la cultura del usuario de técnica inteligente y de la del ciudadano lúcido encontramos una tercera cultura tecnológica, la del **creativo eficaz**. Se trata de individuos capaces de llevar a cabo un **proyecto tecnológico**. Nos encontramos en el registro más creativo de la producción de los saberes, el dominio donde las personas son capaces de deear una transformación material del mundo y, para arribar a ella, de organizar la producción de bienes o de servicios, de imaginar y realizar la fabricación de instrumentos técnicos, etc.

Traducido al campo de la formación, el éxito de esta finalidad social se dirige a tres tipos de fines. En principio, para ser un creativo, es necesario adquirir una metodología de acción, es decir, dominar los procedimientos y las nociones requeridas para imaginar y organizar una respuesta material a un problema concreto.

Luego, es indispensable desarrollar capacidades mentales relacionadas con la inteligencia tanto convergente como divergente. El creativo-técnico manipula metacompetencias cognitivas propias a todo investigador, a todo creador, a todo realizador.

Por otra parte, esta cultura se nutre de una cierta mirada sobre el mundo; lo ve no como un lugar a comprender sino como un material a transformar. El técnico experimenta una suerte de gozo en querer y poder modificar las cosas, en imaginar otra realidad, en crear los medios de una empresa más grande sobre lo material. Finalmente, es una concepción misma del hombre (si no como dominador del mundo, por lo menos como co-creador), de sus relaciones con los demás (a la vez destinatarios y medios de la producción), de sus relaciones con el mundo (visto como la propiedad de los humanos o, como mínimo, como un dominio confiado a su gerencia) que funda esta cultura del creativo.

La pedagogía que prepara para estas personalidades y esta cultura, es la del proyecto. La misma es ahora bien conocida²⁹, practicada en amplia escala, utilizada desde hace largo tiempo en la enseñanza superior y, más

recientemente en la enseñanza secundaria, en Francia²⁹ y en Inglaterra, entre otros³⁰.

Este modelo pedagógico reposa sobre dos etapas. La primera consiste en hacer imaginar y producir proyectos tecnológicos hasta, e incluida, su realización material. Se trata entonces de proyectos «artesanales», pues las competencias intelectuales y manuales de las que disponen al principio los alumnos son limitadas, y el método del proyecto tiene esto de paradójico: que hace adquirir las aptitudes en su ejercicio al mismo tiempo que se experimenta. Por su naturaleza, la pedagogía del proyecto es dialéctica.

No es sino después de haber realizado proyectos técnicos modestos que los alumnos pueden pasar a la segunda etapa, que consiste en formarse en las capacidades de los creativos enfrentados con problemas concretos de mayor envergadura, próximos a las problemáticas más contemporáneas. Para poder tratarlos, es necesario que los candidatos creativos estén ya muy estructurados intelectualmente, dispongan de un bagaje conceptual sólido y hayan integrado los valores del hombre de acción o de planta.

En esta etapa, el proyecto es más un desafío intelectual a resolver que una producción. Por intelectual que sea, el desafío no deja de incluir un problema concreto. Pero la búsqueda de la solución se hace más a través de un tratamiento formal de la dificultad que por el bricolaje o el tanteo manual. Sin embargo, las pistas de solución entrevistadas deben siempre ser testeadas para verificar si «funcionan». La mesa de estudios participa del laboratorio y del taller³¹.

No está excluido acceder a la segunda etapa habiendo adoptado otra vía didáctica que la presentada para la primera etapa. Lo que importa es que las condiciones mínimas de aptitudes intelectuales, de saber-hacer

²⁹ En las clases tecnológicas inicialmente vinculadas con los liceos técnicos, y desarrolladas actualmente en los colegios. Ver TILMAN (1989); los informes de la revista *CIBLES*, en los números 20, 21; los *Cahiers Pédagogiques* n° 295. Sobre el recorrido del proyecto tecnológico ver también RAK et al. (1990). En el *Courrier du Cethes* (agosto 1992) diversas contribuciones proponen una formación en la técnica basada en una didáctica del proyecto tecnológico.

³⁰ En los métodos CDT (Craft, Design, Technology) o en la didáctica de las «School Technology» (HÖRNER, 1987).

³¹ Este aprendizaje del va y viene entre la idea y el test, esta alternancia teoría-práctica, puede obtenerse por el uso de la simulación. En ese caso, esta acorta el tiempo de la experimentación y reenvía más rápido al alumno a la mejora de sus conceptos.

²⁸ BOUTINER (1992) ha constituido una extraordinaria síntesis crítica de todos los sentidos y los usos pedagógicos de la noción de proyecto. Ver también la excelente síntesis creativa de J. M. BARREIR (1991).

metodológicos y de identificación social con la imagen del ingeniero, del técnico, o más ampliamente del hombre de arte, sean logrados.

Los proyectos técnicos artesanales no conducirán a esas condiciones salvo que los aprendizajes sean modelizados. Esta modelización no se puede hacer más que en una óptica didáctica de construcción de saber, en la cual la fase de tanteo experimental alternada con formalizaciones provisorias, es determinante.

El creativo eficaz es la nueva figura emblemática del hombre de acción occidental. Esta ideología va al encuentro de una concepción tradicional de la cultura, hecha de erudición. Es la revancha del anti-pensamiento legítimo. Este, convencido de la superioridad de su objeto (la técnica, no está en vías de cambiar el mundo?), y hoy consciente, gracias a la pedagogía, de apelar a las funciones intelectuales superiores (la potencia, del razonamiento por una parte y la creatividad, por otra, son indispensables para la puesta a punto de tecnologías o la resolución de problemas técnicos), supone aliar el «sentido de la geometría» y la «sensibilidad del espíritu».

Por otra parte, las señales tradicionales se enturbian. Ya no existe el hombre de ciencia, despegado de todas las contingencias materiales, encerrado en su laboratorio o en su escritorio para descubrir las leyes del universo, (si es que alguna vez existió)³². El habilidoso genial, poco erudito pero creativo, inventor oscuro de instrumentos técnicos que revolucionan nuestros modos de vida, también ha desaparecido (si es que alguna vez fue algo más que una figura del imaginario popular). La «investigación-desarrollo» que articula investigación fundamental y aplicada, comprendida en su dimensión de factibilidad, producida por equipos importantes e integrada a estrategias económicas multinacionales, se vuelve la llave del progreso técnico. Se habla entonces de «tecnociencia». El creativo eficaz es pues el símbolo del Individuo del cual necesita el sistema «técnico-científico».

5. Conclusiones

Los nuevos perfiles culturales y los modelos pedagógicos susceptibles de alcanzarlos, presentados más arriba, no están más que esbozados en este capítulo. Este carácter parcial no se debe solamente a los límites materiales de un texto sino más fundamentalmente al hecho de que ellos están lejos, en la realidad, de haber llegado a la madurez, y de corresponder a prácticas bien establecidas. Estamos en una fase de gestación, que da lugar a muchas frustraciones. Las figuras diseñadas en las líneas que preceden quieren modestamente contribuir al establecimiento de estrategias pedagógicas en el dominio de la cultura técnica³³, mostrando las posturas sociales y las implicaciones pedagógicas que ellas encubren.

Nosotros estamos convencidos de que los tipos de culturas que hemos intentado poner de manifiesto no son reducibles la una a la otra. Cada modelo tiene su autonomía. Corresponde a la experiencia de un grupo social preciso, está ligado a necesidades sociales específicas y se ejerce en contextos propios. La cultura técnica del operador de una máquina a comando numérico y el usuario de una computadora personal por ejemplo, no es la del militante ecologista, y estas dos últimas son diferentes de la del experto o del investigador de escritorio.

Dicho de otro modo, los dispositivos de formación deben elegir, en función de su público y de las finalidades sociales que se proponen alcanzar, la forma de cultura técnica que van a enseñar. Por cierto, las fronteras entre estos arquetipos culturales no son estancas. Sería sin embargo una ilusión de graves consecuencias la de imaginar que se puede dar a todos el sustrato de cada una de esas culturas técnicas.

Para volver a nuestro punto de partida —a saber, la dificultad de introducir nuevos contenidos y nuevas pedagogías relativas a la cultura técnica en la enseñanza secundaria o en la formación continua— se puede ya prever que esas innovaciones van a encontrar resistencias. En efecto, la cultura técnica marcha al contrario del paradigma pedagógico dominante en la enseñanza, en particular en el dominio de las ciencias y de la

³³ Si se duda de la confusión que reina en Europa a propósito de una política educativa a seguir con respecto a la cultura técnica, se puede consultar el estado de los lugares estudiados por HÖRNER, ya citado. En Bélgica, los debates en torno de las actividades técnicas de ensayo del primer grado son también sintomáticos de los puntos de vista divergentes defendidos por los diferentes actores a quienes les concierne (FONTJELL, 1991).

matemática. Este está dirigido por ciertos principios como la necesaria claridad y rigor del contenido a enseñar, que debe pertenecer a una disciplina bien definida, con fronteras establecidas, cuyo cuerpo teórico es cerrado y forma parte de una herencia notariada. El mismo está constituido por resultados de investigaciones y de protocolos experimentales estandarizados. En fin, la didáctica preconizada es la del modo transmisivo.

Ahora bien, la técnica no se deja encerrar en las disciplinas tradicionales. Ella interviene sobre lo real, siempre complejo y multidimensional. La adquisición de la inteligencia tecnológica presupone pues trabajar sobre un contenido impreciso al principio, provisoriamente confuso en los primeros tanteos, cuya inteligibilidad es siempre parcial³⁴. La misma se centra sobre el trayecto en el cual el resultado no es más que el calderón. La única didáctica posible es la del constructivismo.

Los defensores de la cultura técnica según la tradición de la escuela técnica y profesional no se salvan de este nuevo cuestionamiento. Los cursos estrictamente técnicos sostienen, al menos parcialmente, el mismo paradigma pedagógico que la enseñanza general, paradigma cuestionado por las nuevas formas de cultura técnica. Los profesores de prácticas están también afectados a su vez, porque estas aproximaciones de la técnica transforman las viejas relaciones establecidas entre la teoría y la práctica, y por lo tanto su «status», que descansaba sobre su experiencia profesional, se volvió obsoleto, al mismo tiempo que esta última.

Finalmente, por parte del público afectado, se corre el riesgo de que se produzca una tensión entre las representaciones de la técnica heredadas del pasado y los nuevos contenidos centrados en la eficacia de la acción³⁵. Comprometerse en la capacitación para una cultura tecnológica contemporánea, es necesariamente tomar el camino de la innovación pedagógica.

6. Bibliografía

- AAAS (American Association for the Advancement of Science), (1989), *Technology, Report of the Project 2061, Phase 1 Technology Panel*, by J. R. Johnson, AAAS, Washington DC.
- Autrement, (1992), *Technologies du quotidien. La complainte du progrès*, n° 3, marzo.
- ³⁴ En el dominio técnico uno puede contentarse con «cajas negras», desde el momento que se conocen su uso y sus límites.
- ³⁵ Esto sin hablar de la confusión de las diferencias sociales construidas a partir de la estructuración de la enseñanza en ramas bien caracterizadas culturalmente.

Barbier J. M., (1991), *Elaboration de projets d'action et planification*, Paris, P.U.F.

Belisle Cl., Schiele B. (bajo la dirección de), (1984), *Les savoirs dans les pratiques quotidiennes. Recherche sur les représentations*, Paris, Editions du CNRS.

Berleur J., Lobet-maris Cl., Poswick R. f., Valenduc G., Van Bastelaer Ph., (1986), *Les informa-G-iciens. Les professionnels de l'informatique dans leurs rapports avec les utilisateurs*, Actes des Troisièmes Journées de Réflexion sur l'Informatique, Namur, Presses Universitaires de Namur.

Boullier D., (1992), «La vie sans mode d'emploi», en *Autrement*, n° 3, marzo, pp. 157-167.

Boutinet J.P., (1992), *Anthropologie du projet*, Paris, P.U.F.

Cahiers Pédagogiques, (1991), *La voie technologique et professionnelle (dossier)*, n° 295, Paris, La Documentation Française.

Calande G., De Bueger C. et al., (1990), *Plaisirs des sciences. Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage. L'immunologie: un prétexte*, Bruxelles, De Boeck.

Carton A., (1988), «La flexibilité, une revendication patronale», en *Con-tradictions*, n° 52-53, pp. 7-34.

Chancerel J. L., (1991), «Education et technologie: éléments de réflexion», en *Revue européenne des sciences sociales*, Tomo XXIX, n° 91, pp. 159-175.

Cibles, (1987), *L'histoire des techniques au carrefour des disciplines (dossier)*, n°16, diciembre.

Cibles, (1991), *La schématisation (dossier)*, n° 25.

Courrier du Cethes, (1992), *Faut-il enseigner les technologies dans l'enseignement secondaire?*, número especial, FUNDP Namur, n° 18, agosto.

Davy J., (1991), «Schémas: nature, fonctions, valeurs», en *Cibles*, n° 25, pp. 9-15.

Doulin J., Davy J., (1992), «Un exemple d'approche systémique: la visite d'un site industriel avec des élèves», en *Cibles*, n° 27, pp. 13-18.

Deforge Y., (1985), *Technologie et génétique de l'objet industriel*, Paris, Maloine.

Fonteil A., (1992), *Rapport des visites des écoles du C.T.N.N.L.*, Vitton, Centre de Technologies Nouvelles Namur-Luxembourg.

Fourez G., (1990-1), «Les technologies sont-elles des sciences appliquées?», en *Cibles*, n° 22, marzo, pp. 9-14.

Fourez G., (1990-2), «Les sciences doivent-elles s'enseigner par disciplines?», en *Courrier du Cethes*, FUNDP Namur, número especial, agosto.

Fourez G., (1992), *La construction des sciences*, Bruxelles, De Boeck.

- Giordan A., De Vecchi G., (1987), *Les origines du savoir, Des conceptions des apprentis aux concepts spécifiques*, Neuchâtel, Paris, Delachaux et Niestlé.
- Grootaers D., (1991), «Former des praticiens-chercheurs», en *Pédagogies*, n° 33, septembre, pp. 49-62.
- Grootaers D., Tilman F., (1986), «Construire une action, construire un savoir», en *Education permanente*, n° 85, octobre, pp. 39-49.
- Höner W., (1987), *École et culture technique. Expériences Européennes*, Paris, INRP.
- Jacomy B., (1990), *Une histoire des techniques*, Paris, Seuil.
- Lastargue Y., «Technologies nouvelles, nouveaux exclus?», en *Futuribles*, pp. 3-13.
- Latour B., (1989), *La science en action*, Paris, La Découverte.
- Lemoine M., (1991), «La dernière innovation de Billancourt», en *Autrement*, n° 118, enero, pp. 123-130.
- Les cahiers français*, (1985), *Mutations technologiques et formations* (dosier), n° 223, octubre-diciembre, Paris, La Documentation Française.
- Maccio Ch., (1990), *Maîtriser les mutations techniques*, Bruxelles, Lyon, Vie Ouvrière/Chronique sociale.
- Malgaive G., (bajo la dirección de), (1987), *Quel pédagogie pour les nouvelles technologies?*, Paris, La Documentation Française.
- Malgaive G., (1987), *Quelle connaissances pour les nouvelles technologies en Malgaive*, pp. 121-165.
- Moens L., Valenduc G., (1986), *Le guide des informatisés*, Bruxelles, Ciacol Fondation Travail-Université.
- Moscovici S., (1976), *La psychanalyse, son image, son public*, Paris, P.U.F.
- Piasser A., (1986), *Les mouvements longs du capitalisme belge*, Bruxelles, Vie Ouvrière.
- Rak I., Teixido Ch., Cazenaud M., Favier J., (1990), *La démarche de projet industriel. Technologie et pédagogie*, Paris, Foucher.
- Seze C., (1992), «De l'innovation technique à l'innovation sociale», en *Autrement*, n° 3, marzo, pp. 146-167.
- Tilman F., (1989), *Vade-mecum 4e et 3e technologiques*, Lille, Centre National de Formation de l'Enseignement Technique Privé.
- Tilman F., (1991), *Valise pédagogique. 1. La construction des savoirs*, Lille, Centre National de Formation de l'Enseignement Technique Privé.

La ambigua historia de las ciencias en la enseñanza

Philippe Mathy y Gérard Fourez

Será difícil pretender hacer una alfabetización científico-técnica sin hacer conocer a los pueblos la historia de las ciencias y de las tecnologías. Pero introducir esta dimensión en la formación de los jóvenes es más complejo que reunir algunas referencias a «grandes científicos» o a «grandes inventores». La historia de las ciencias y de las tecnologías ha sufrido una revolución durante estos últimos años. Hasta hace poco, consistía sobre todo en una historia de «vencedores», es decir, de quienes tuvieron éxito en imponer sus concepciones o sus prácticas. O también en una historia ideológica de los «progresos» científico-técnicos, como se hacía antaño el elogio de las dinastías. En este capítulo, nos limitaremos a mostrar las cuestiones que se plantean en la enseñanza de la historia de las ciencias; la generalización en cuanto a la historia de las tecnologías es posible, «mutatis mutandis».

Enseñar historia de las ciencias se redujo a menudo a mostrar el camino que hubo que recorrer para que la comunidad científica «descubriera» «la» verdad, esta misma dependiente de una racionalidad sin historia. Tal vez esta sea la razón por la que ha sido a menudo dejada de lado en los cursos de historia del secundario. Hoy, a partir de los filósofos constructivistas y de lo que ha sido llamado el «programa fuerte» de la sociología de las ciencias, uno se pregunta sobre los caminos que han llevado a la invención de los modelos científicos actuales, siendo éstos supuestos contingentes. Por otra parte, la historia contemporánea de las ciencias da cada vez más importancia a las controversias históricas y a las razones de los «vencidos». En cuanto a esto, se podría decir que la historia de la ciencia llega a ser verdaderamente «historia».

Los profesores de historia en la enseñanza secundaria se desinteresan a menudo de la historia de las ciencias. Los profesores de ciencias, también. Al contrario, los manuales científicos consagran generalmente algún porcentaje de sus páginas a introducciones históricas. Hay allí un material interesante para estudiar. Este podría ser, por otra parte, un proyecto apasionante para un curso de historia: hacer un estudio crítico y establecer así un lazo entre la enseñanza de una ciencia humana y la de las ciencias, en general.

A primera vista, nada parece más evidente que hablar de historia de las ciencias. Muchos manuales dan la impresión de no presentar más que hechos, casi sin interpretación. Por ejemplo, si se habla del «descubrimiento del oxígeno por Lavoisier», parece que no queda casi nada por discutir.

Sin embargo, según la manera en que se presente la historia pasada o inmediata, se dan ideas diferentes de las ciencias y de sus métodos. Lo que está en juego es muy grande. En nuestras sociedades, en efecto, a menudo se pretende tomar ciertas decisiones en nombre de argumentos científico-técnicos. Consecuentemente, una sana comprensión de la fuerza y de los límites de los discursos científicos, una visión crítica de la manera en que los científicos trabajan y de las relaciones que su «comunidad» mantiene con otros grupos sociales, son otros tantos frenos a los asaltos de una cierta ideología tecnocrática.

La cuestión central es saber qué historia de las ciencias se quiere hacer en la escuela de hoy, para formar ciudadanos informados y críticos.

1. Dos miradas sobre la historia de las ciencias, de las cuales una no tiene peso

Esquemáticamente, al menos dos miradas sobre la historia de las ciencias son posibles y se enfrentan.

La primera, todavía hoy predominante en los manuales, presenta una historia de las ciencias en la cual los protagonistas son algunas celebridades esparcidas a lo largo del tiempo, que descubren los hechos insospechables de la realidad cotidiana, y a partir de ellos inducen teorías generales (*presupuesto empirista*), y trabajan para descifrar lo real ajeno a las contingencias y de los intereses del mundo (*presupuesto internalista*). Es así que Michel Serres ha enunciado que «la historia espontánea de las ciencias se reduce a menudo a una historia santa o más bien sacralizada»¹.

¹ Serres M., et al.: *Éléments d'histoire des sciences*. Bordas, Paris, 1989, p. 4. Esta apasionante obra colectiva rehúsa aceptar la perspectiva de una «exposición falsamente transparente de la enciclopedia completa de las ciencias en el curso global de toda la historia». Pretende, al contrario, mostrarnos los lugares donde los caminos de la racionalidad convergen o se bifurcan, donde la historia se hace. Para más detalles sobre los análisis históricos esbozados en este artículo, Cf. *elyllabus* Mathy Ph. et Foureux: G. *Enseignement des Sciences, Ethique et Société*, Dépt. Sciences, Philosophies, Sociétés, Facultés Universitaires de Namur, 5000 Namur, 1991 (gitar 250 FB o 43 FF a la cuenta 000/0045250/48 con mención: cuenta 9245, PAF ouvrage Mathy Foureux). Para una obra de historia de las ciencias escrita con una perspectiva como la que propone este capítulo, Cf. B. Bensaude-Vincent et I. Stengers: *Histoire de la Chimie, La découverte*, Paris, 1993. Para la cuestión de las relaciones entre la historia de las ciencias y su didáctica, ver J. L. Martinand: «Histoire et didactique de la physique et de la chimie: quelles relations?», en *Didaskalia*, n° 2, dic. 1993, pp. 89-100.

La segunda se inspira en concepciones contemporáneas de la epistemología, de la historia y de la sociología de las ciencias. Describe una historia donde se activan, de época en época, movimientos de investigación que en función del contexto orientan sus interrogantes en direcciones determinadas, hacen las elecciones de paradigmas (a menudo no intencionalmente), y construyen teorías a través de las cuales intentan releer el mundo sometiendo a prueba la fecundidad de dichas teorías (*presupuesto constructivista*). Según esta mirada, los científicos son una comunidad condicionada en su práctica y sus representaciones por el contexto donde actúan, mientras que esta práctica deviene, sobre todo en nuestras sociedades científico-técnicas, en un instrumento de transformación y de legitimación al servicio de ciertos grupos sociales (*presupuesto social*).

Los párrafos que siguen muestran, con ejemplos de evocaciones históricas tales como las que se pueden extraer corrientemente de los manuales, los problemas que plantea la primera mirada, y cómo puede funcionar la segunda en una situación concreta. Nosotros pensamos que la segunda mirada, constructivista y social, es «mejor» que la primera, en cuanto a que esta da sentido, integrándolos, a los elementos históricos habitualmente dejados de lado, incluso en cuanto a que abre perspectivas mucho más amplias para la actividad científica.

En la práctica, nosotros abordamos sobre todo ejemplos tomados de los manuales de biología, que uno de nosotros ha estudiado más a fondo. Pero los análisis se pueden transponer a otras disciplinas, la química o la física, por ejemplo.

2. ¿Galería de retratos o movimientos de investigación?

La historia de las ciencias de los manuales es a menudo anecdótica. Se cita allí sobre todo a los «sabios aislados» —más o menos los mismos de un manual a otro—, proporcionando especialmente sus fechas de nacimiento y de muerte, su nacionalidad, su fotografía, y los «descubrimientos» que ellos han hecho, con datos precisos. Los manuales tienen también una predilección por los poseedores de los premios Nobel, y caen a menudo en el elogio de los científicos citados.

Este tipo de escritura asienta la disciplina en las obras fechadas de una serie de fundadores. Es tanto una manera de «promover la ciencia»

como de poner en escena a las altas personalidades que cimentan su respetabilidad. ¿Puede estar esta forma de ver la historia de las ciencias bastante próxima a la manera en que se enseñaba hace medio siglo, cuando se reducía a la historia de los «grandes hombres»?

Son poco tratados, al contrario, los «movimientos de investigaciones» formales o informales que, de época en época, han trabajado en los contextos socioculturales que orientan las cuestiones y las teorías. Sin embargo, se puede hablar, desde el siglo XVI, de una escuela italo-inglesa de anatomistas; en el XVII, del movimiento de micrografos europeos; en el XIX de la escuela de citólogos alemanes, desde la mitad del XVIII y después en el XIX, en Francia primero, después en Inglaterra, del movimiento de los evolucionistas; y ¿por qué no, por ejemplo en el XX, de la escuela de genetistas moleculares, uno de cuyos objetivos es el de «explicar» lo viviente partiendo del ADN?

3. ¿Empirismo y acumulación de hechos, o construcciones y relecturas teóricas?

Los manuales utilizan a menudo la *metáfora del descubrimiento* realizado por un científico preciso en una fecha precisa (por ejemplo la circulación de la sangre, por Harvey, en 1628; la partenogénesis, por Bonnet, en 1740, etc.). Pero es raro que el contexto de la investigación sea recordado. Todo pasa entonces como si hubiera «cosas escondidas» que sólo algunos genios curiosos, ayudados por el azar, pudieran encontrar.

Más generalmente, todo sugiere en las evocaciones históricas la inmediatez de los resultados. Se aprende así que tal investigador ve, o percibe, por primera vez en el siglo XVII, las bacterias o los espermatozoides, que tal otro constata que el corcho está formado por células, que otros investigadores incluso *confirman* que la célula es la unidad del mundo viviente. Alcanza entonces con ubicarse en observador atento del mundo y tomar nota de sus manifestaciones. Los manuales reducen por otra parte, a menudo, los progresos en biología a la adquisición de técnicas que extiendan los sentidos: así, muchas páginas son consagradas a los perfeccionamientos sucesivos de los microscopios.

Haciendo esto, los manuales no dan cuenta, en el trabajo de los precursores, más que de lo que es susceptible de pasar por prefiguraciones de nuestras preocupaciones, ignorando las interpretaciones de entonces. Atribuyendo a diversos sabios el «descubrimiento de hechos» o la

elaboración de conceptos percibidos desde el comienzo con sus sentidos teóricos actuales, se da la imagen de un progreso científico único, en el cual los hechos, aprehendidos brutalmente por los sentidos, se acumulan para conducir al saber más completo –aunque incompleto– que es el nuestro. Pero el «impasse» está hecho sobre las invenciones teóricas de los investigadores –sin las cuales toda observación estaría condenada a la singularidad y al sin sentido– así como sobre la particularidad de los proyectos, de las elecciones y de las decisiones en la base de esas invenciones. Resulta de allí una absolutización del discurso científico, porque los proyectos particulares que han inspirado su construcción no afloran a la superficie. El proceso de investigación así retratado participa del empirismo donde el rol de los «sabios» es el de ponerse fielmente a la escucha de la naturaleza para robarle sus secretos.

Existe, sin embargo, otra manera de rendir cuenta de la dinámica intelectual en la historia de las ciencias. La misma consiste en volver a centrar el debate sobre el *proceso de invención teórica* y sobre los proyectos que lo atraviesan. En esta óptica, aun cuando los científicos del pasado tenían ideas diferentes de las nuestras, se trata de comprender por qué y cómo planteaban los problemas. Igualmente, nos corresponde comprender la particularidad de los proyectos y de las demandas sociales que se encuentran en la base de las teorías hoy en boga. La idea según la cual los «movimientos de investigación» se dan representaciones acordes con las épocas, con preocupaciones comunes, se manifiesta entonces fecunda y muy económica, pues ayuda a separar las corrientes de fuerza, de los modos de pensamiento y su carácter contingente.

Tomemos el ejemplo de los micrografos del siglo XVII. Se ponen a «observar» un mundo hormigueante de «microorganismos». No teniendo aún teoría para recibir lo que ellos «ven», recorren a otros universos, más familiares, de elementos de interpretación. Su pensamiento va entonces a desviarse en cuatro direcciones teóricas por lo menos.

1. Emerge en principio una dialéctica que intenta explicar lo *microscópico* por lo *macroscópico*. En esta vida hormigueante de los microscopios, los observadores distinguen brazos, piernas, ojos, vasos sanguíneos.

2. Enseguida, se intenta explicar el mundo vegetal por analogía con los modelos apreciados en anatomía animal (¡es la época de los anatomistas!). Así, Hooke ve en los poros de corchos (las famosas células) el equivalente, visto en corte, de los vasos sanguíneos, o Malpighi hará

comparaciones parecidas entre las tráqueas de los insectos y los vasos reforzados por espirales de lignina de los vegetales.

3. Por momentos el pensamiento se invierte: se invoca lo microscópico para explicar las propiedades físicas macroscópicas de los materiales (se entra entonces en el paradigma mecanicista de los físicos!).

4. Por fin, el problema de la generación, que obsesiona a los intelectuales del siglo, moviliza a los micrografos y los incita a argumentar según diversas teorías en boga en la época: preformación ovista, preformación animalculista, etc. Así, Van Leeuwenhoek, después de haber diseccionado una anguila, «observa» bajo el microscopio un gusano nematodo viviparo: ve allí un encaje de anguilas representando varias generaciones.

Como lo muestra este ejemplo, la actividad de los científicos aparece ligada a paradigmas —es decir, a maneras de plantear las cuestiones— que están en el ambiente, a preocupaciones, modelos, programas de investigación relacionados con épocas dadas. La dinámica intelectual no está de ningún modo determinada por las observaciones, pero las observaciones, al contrario, se convierten en la oportunidad para que se desarrollen enfoques teóricos contradictorios, en función de recursos locales y de proyectos particulares. Sin embargo, no todas las teorías son equivalentes. Todo depende, finalmente, de lo que se quiere hacer con ellas. Así, los modelos de la genética molecular son más apropiados que los de la genética mendeliana para producir una hormona con la ayuda de una bacteria.

Cuando se adopta este punto de vista, ya no se está más tentado a describir la historia como una continuidad en la acumulación de hechos, sino como la de una evolución progresiva en la manera de plantear los problemas. Los historiadores o los epistemólogos hablan de «rupturas epistemológicas» para designar el pasaje a cuadros teóricos nuevos, irreductibles a los viejos, aun cuando puedan todavía dialogar con ellos. Y en los cuadros nuevos, los científicos «eligen» (pero con una buena parte de condicionamiento y de no-intencionalidad) releer el mundo, incorporando en su relectura una parte variable de los materiales del pasado. Las preocupaciones cambian o se expresan por medio de esas preguntas planteadas de modo diferente. Queda por decir que esos cambios no se hacen sin disputas: los científicos, apegados a una cierta manera de ver, prefieren «acondicionar» sus teorías, antes que cambiarlas bruscamente. Tanto más cuando sus convicciones de base son «vididas» por la mediación de un reconocimiento socio-institucional que cuenta para ellos, y obstaculiza otras maneras de plantear las cuestiones.

Ilustremos estas consideraciones con un ejemplo. En el caso de la teoría celular, por ejemplo, los manuales hablan a menudo primero de Hooke (s. XVII) que realiza el primer diseño de las células. Después, sin transición, citan a Schleiden y Schwann (s. XIX) como los padres de la teoría celular. ¿Cómo se hace entonces para explicar más de 150 años transcurridos entre Hooke y Schwann? Pensamos que una historia de las ciencias fundada sobre el presupuesto de una acumulación de hechos de observación en bruto —tal como la sugieren los manuales— no puede responder a esta pregunta. La perspectiva constructivista² nos parece mucho más fecunda. Esta invita a preguntarse cómo han evolucionado las concepciones teóricas desde los micrografos del XVII hasta los citólogos (así nombrados después) del XIX. Las diferentes orientaciones teóricas en la época de los micrografos han podido frenar por largo tiempo la eclosión de otras percepciones. Los citólogos se ponen a interrogar el material con presupuestos nuevos. Host³ evoca algunos factores susceptibles de explicar el cambio de perspectiva. Señalamos dos de ellos: por una parte el perfeccionamiento de los microscopios, por otra, las nuevas orientaciones dadas al pensamiento científico por la muy alemana filosofía de la naturaleza, entre otras la búsqueda de similitudes fundamentales en el mundo viviente, para construir cuadros generales de explicación. Hacemos notar que los franceses disponían también de microscopios de buena calidad, y de los mismos cortes que los alemanes. Sin embargo, rechazaron la teoría celular de los citólogos alemanes, lo que atestigua por lo menos que esta teoría sobrepasaba el simple nivel de observación descriptiva del material estudiado. Como lo subraya Host, el paradigma de la célula-unidad era todo un proyecto orientado por una problemática: ¿se puede explicar lo viviente a partir de una misma unidad funcional? En la época de los «citólogos» la respuesta está lejos de ser clara. Pero ese programa tendrá la fecundidad que hoy conocemos, al punto de marginar otras maneras de ver (cf. la desproporción entre los recursos financieros consagrados al estudio celular del cáncer, y los otorgados a las investigaciones socio-epidemiológicas o a campañas de información sobre la prevención⁴ tendientes a cambiar los modelos culturales de las gentes).

Otro ejemplo de la eliminación de las relecturas que realizan los científicos en su presentación histórica de la evolución del saber: el caso

² Cf. Fourez G.: *La Construction des Sciences*. Ed. De Boeck & Ed. Universitaires. Bruxelles & Paris, 1988.

³ En Giordan et al. *Histoire de la biologie*, tomo 2, Lavoisier, Paris, 1987, pp. 7-25.

de la partenogénesis. Según la mayor parte de los manuales, la partenogénesis fue descubierta en el pulgón por Bonnet en el siglo XVIII. Pero, habitualmente los manuales no nos dicen nada sobre una de las preocupaciones esenciales de ese siglo: el problema de la procreación. Desde este punto de vista, lo que los biólogos clasifican hoy en la categoría «partenogénesis» —forma marginal de reproducción sin macho—, era en la época un argumento de peso para la tesis de la transformación ovista. Según esta tesis, las crías de toda especie se encontraban preformadas en el nuevo, producido por las hembras, y por lo tanto el esperma de los machos no tenía por rol, en el mejor de los casos, más que el de «activar» su desarrollo. Se comprende que, en esta perspectiva, el «descubrimiento» en el pulgón de fases de reproducción en el curso de las cuales las hembras engendran las hembras durante muchas generaciones, sin la intervención de los machos, aportaba agua al molino del ovismo: aquí, parece, ¡la activación por el esperma de los machos no era incluso necesaria! Esta tesis y otras concurrentes han tenido defensores y detractores durante más de tres siglos. Y todas estas teorías son tanto más dignas de interés ya que se fundamentan sobre argumentos muy serios si uno se reubica en el contexto de la época. ¿Es entonces legítimo no ver en todas estas tentativas nada más que errores de infancia en la elaboración de las teorías biológicas? ¿Estamos dispuestos, hoy, a examinar los límites, por ejemplo, del «dogma fundamental» de la genética molecular? Sin embargo, no es imposible, a pesar de la seriedad con la cual trabajan los biólogos de este fin de siglo, que este dogma sea completamente «dado vuelta» de aquí a 50 años, que sea pulverizado e irreducible a la grilla o las grillas de lectura que adoptarán los biólogos del tercer milenio.

Un último ejemplo: la noción de mutación sufrió a menudo, en los manuales, diversas modificaciones de sentido y eliminación de los contextos que le otorgan su multiplicidad de sentidos. Así las mutaciones en el sentido de De Vries, y las mutaciones en el sentido de la teoría sintética, no son un mismo y único concepto. Se trata de la aparición de una nueva especie en un caso, de una modificación afectando a un gen en el otro. Ahora bien, la teoría sintética parece a menudo ser, en los manuales, el resultado de la simple agregación de los conceptos de selección natural (que será tomado de Darwin), de «mutación» (que vendría de De Vries), y de los aportes de la genética de las poblaciones. Vale la pena señalar, en este aspecto, que las investigaciones posteriores a De Vries ¡llegaron a negarle a los mecanismos estudiados por este autor el status de mutación (en sentido moderno)! A partir de De Vries, la idea de mutación, aunque parezca imposible, ha funcionado como paradigma: ella

suscribe un modo de cuestionamiento que atribuye el origen de la variación biológica a factores internos del organismo. Y esta intuición, en suma, ha sobrevivido a los conceptos pasajeros y variables en los cuales la idea de mutación se cristalizó más tarde. Se comprende así hasta qué punto es engañoso y cándido afirmar, como se dice a veces, que De Vries ha «descubierto las mutaciones»: es retrotraer la construcción de las teorías genéticas a la acumulación sin problema de hechos brutos de observación, eclipsando todas las metamorfosis a través de las cuales el contenido del concepto de mutación ha sido renegociado sin cesar.

Se podrían multiplicar los ejemplos examinando los manuales con ojo crítico en una segunda lectura: un examen de todo lo que se dijo sobre la historia de la teoría de la evolución sería particularmente significativo⁴.

4. Discurso científico y otros discursos sobre el mundo

Examinemos ahora cómo se presenta, en las páginas de historia de las ciencias de los manuales, el discurso biológico en relación con otros modos de pensamiento vinculados a diferentes épocas. Habitualmente, los manuales muestran a la ciencia como la única fuente de conocimiento verdadero y digno de interés. Otras maneras de conocer, otras formas de discurso, son reducidas a clichés. Así, nos dicen algunos de ellos, la ciencia se pone en marcha cuando los hombres tratan de liberar a la inteligencia de los dogmas y de la magia, o de liberar al pensamiento de los ritos y de las supersticiones. Por otra parte, se enseña que la biología, calificada de ciencia de observación, sufrió largo tiempo el retraso que el espíritu escolástico y el oscurantismo religioso de la Edad Media hicieron pesar sobre ella. La cultura teocéntrica de la Edad Media recibió así una apreciación desfavorable. A propósito de los griegos, se nos dirá que ellos han «hecho entrar la ciencia en su primera fase de desarrollo racional», pero que estaban ante todo preocupados por la literatura más que por la ciencia «verdadera».

No se comprende bien, en todo esto, cómo una cierta manera de plantear las cuestiones, propia de los científicos, ha podido emerger. Una concepción idealista que opone, por un lado el espíritu escolástico, rito o magia, y por

⁴ Un syllabus escrito por uno de nosotros (Ph. Mathy) disponible en el departamento «Ciencias, Filosofías, Sociedades» de las facultades Universitarias de Namur, presenta estas «historias» de la evolución.

otro el espíritu científico, no rinde, en efecto, ninguna cuenta de ello. La imagen de una ruptura total entre pensamiento racional y pensamiento no racional no resulta tampoco satisfactoria.

Sería más esclarecedor —y menos misticante— enfocar con los alumnos, sobre ejemplos concretos, los presupuestos «extra-científicos» que fundan los modos de cuestionamiento en ciencias. Uno se plantearía entonces preguntas como estas: ¿en qué medida las concepciones mecanicistas de los físicos han provisto paradigmas de estudio de la anatomía-fisiología, desde el Renacimiento? ¿De qué manera la visión teocéntrica del mundo, en la Edad Media, influyó sobre la manera en la cual los clérigos se planteaban cuestiones sobre la «naturalidad»? ¿De qué manera los presupuestos materialistas de Darwin son constitutivos de la concepción que él nos ha dejado de la evolución de las especies? ¿Cuál fue el impacto de la idea de programa informático sobre la convicción central de la genética molecular?

En cuanto a la racionalidad, más que propulsarla como entidad en sí o como norma exterior a la ciencia y que la determina, se podría mostrar a los alumnos lo que ha hecho que en un momento dado se decida que tal cosa es racional. Uno podría interrogarse, por ejemplo, sobre qué nos lleva a hablar de la racionalidad griega. En sentido más general, el estudio de la evolución del contenido de tal «hecho» o «concepto» permitirá adquirir la percepción de que la «racionalidad» es la postura continuamente negociada de lo que será admitido como modelo de representación y de acción.

Todo esto deberá contribuir a una toma de conciencia acerca del carácter relativo y de las particularidades históricas de los proyectos a través de los cuales los investigadores elaboran teorías con el fin de actuar más eficazmente en dominios siempre particulares. Se evitaría así este imperialismo cultural según el cual no hay duda de que todo es insignificante fuera de la «verdad» de los «discursos científicos».

5. ¿Una historia internalista o externalista?

Al leer los manuales se tiene la impresión de que los científicos hablan de la historia de su disciplina y de los que la han hecho, como si todo esto fuera exterior al mundo y al tiempo. Hemos ya tenido ocasión de subrayar hasta qué punto es poco perceptible que los movimientos de investigación hayan podido interrogarse en direcciones teóricas determinadas, y con preocupaciones o proyectos ligados a contextos de época.

De una manera más general, los manuales casi no muestran que los científicos forman una comunidad y una categoría social. No se tiene la menor idea de la manera en que ha podido evolucionar el «status» de esta comunidad desde el Renacimiento hasta nuestros días: importancia numérica, modos de institucionalización, fuentes de financiamiento de las investigaciones, relaciones con otras instancias sociales, etc. Aun en lo que concierne a nuestras sociedades contemporáneas, nada se dice de los contactos de la comunidad científica, de su producción y de su práctica, con otras instituciones sociales: industria, fuerzas armadas, grupos financieros, poderes públicos, movimientos sociales, o las gentes en su vida cotidiana. Sin embargo, una historia de las ciencias que presentara más las actividades científicas como práctica social plantearía preguntas tanto a los alumnos como a los docentes. ¿Qué es lo que hace, por ejemplo, que los manuales atribuyan una importancia tan grande a la aproximación microscópica en biología? O también: por qué, mientras las técnicas bioquímicas y genéticas se industrializan de manera espectacular y sin precedente, se continúa muy a menudo enseñando las primeras nociones de estas materias sin hablar sobre estos aspectos tecnológicos —lo que puede engendrar carencias o desfases en lo que concierne a la competencia «técnica» de los futuros graduados, su percepción del mercado de empleo o, más globalmente, de las implicaciones sociales de estas tecnologías. Tomar en cuenta estos elementos ayudará a la comunidad educativa a adaptar los cursos escolares a la evolución socio-tecnológica, permitiendo una toma de datos lo suficientemente crítica como para que no se deba forzosamente sacrificar todo a las lógicas dominantes.

6. Posturas éticas

La imagen que se desprende de las evocaciones históricas realizadas en los manuales se resume pues aproximadamente en lo siguiente: hubo hombres destacados y respetables, actuando con toda humildad, con los ojos muy abiertos y con rigor en la comprensión de lo real, que produjeron un saber universal, por encima de las contingencias y de los intereses de la época. He aquí una interpretación edulcorada de las prácticas científicas: uno no puede más que inclinarse respetuosamente delante de todo lo que puede surgir de esto, y recurrir a los expertos cada vez que deba tomarse una decisión importante. Una historia de las ciencias así concebida es, a nuestro parecer, un poderoso vehículo de valores tecnocráticos.

Una aproximación histórica y social de las trayectorias de los científicos, tal como la ha propuesto la segunda mirada, nos parece que presenta, al contrario, cierto número de triunfos y que aclara cierto número de posturas, tanto para los futuros profesionales de la ciencia como para los alumnos no especializados y los ciudadanos en general.

Para los futuros profesionales, la aproximación socio-histórica muestra los múltiples ingredientes y condicionamientos de los procesos de modelización en el curso de los cuales los científicos construyen sus saberes. Desde este punto de vista nosotros pensamos que es mistificante pretender iniciar a los alumnos en una metodología cualquiera sin introducir allí un «sentido de la historia». Subrayando las elecciones paradigmáticas y los presupuestos, conscientes o no, de los científicos de diferentes épocas, se tenderá la posibilidad de mostrar la relatividad y la contingencia de nuestros modos de cuestionamiento y de las teorías aceptadas en un momento dado. Una aproximación tal permitirá ir más allá de un cierto racionalismo que imagina que las teorías contemporáneas son «verdaderas» y que es forzosamente sólo legítima y sería la manera en la cual las corrientes científicas dominantes plantean las cuestiones. Esto inducirá correlativamente una actitud de apertura a los cambios en nuestros modos de interrogación del mundo, una «liberación» del espíritu con relación a una percepción a menudo dogmática y absolutista de la verdad científica, sin caer sin embargo en el relativismo intelectual: pues todo punto de vista debe hacer la «prueba» de su operacionalidad vía una negociación social siempre exigente. Más concretamente todavía, no es imposible que una historia de las ciencias suficientemente cuestionadora permita «exhumar» vías de investigación o elementos heurísticos diversos abandonados en el correr del tiempo, y en los cuales la «reexploración» podría conducir a construcciones fecundas. En fin, la perspectiva sociohistórica puede ayudar a madurar una elección profesional que muestre con realismo lo que es la vida de un investigador o de un docente en ciencias, lo mismo que la capacidad de negociación, las elecciones, las obligaciones y los espacios de libertad que implica o que autoriza la vida científica.

En lo que concierne a la formación de los alumnos y ciudadanos en general, esta aproximación permitirá a cada uno percibir mejor la fuerza, los límites y la relatividad de los saberes científicos, frente a otras maneras de conocer. Mostrará que esta profesión, como cualquier otra, está atravesada por conflictos de intereses inevitables vinculados a elecciones contradictorias de los grupos humanos en sociedad. Poniendo en evidencia

la creatividad y los conflictos humanos, esta permitirá a los cursos de ciencias participar en una formación humanista adaptada a nuestra época. Y restituirá el rol de las ciencias como «invención de lenguajes nuevos, apertura de nuevas posibilidades de pensar, de articular y de decir lo que nosotros vivimos», mostrando también que con ellas «estamos irrevocablemente comprometidos en una historia abierta donde se experimenta lo que son capaces de hacer los hombres y sus sociedades».⁵

⁵ Prigogine I. & Stengers I.: *Entre le temps et l'éternité*, Fayard, Paris, 1988.

Percibir la dimensión ideológica de la enseñanza de las ciencias

Gérard Fourez y Philippe Mathy

No se puede enseñar ciencias -y aún menos tecnologías- sin poner en práctica valores y presupuestos ideológicos. Pero nuestra sociedad tiende a «tecnocratizar» la educación: se reduce la enseñanza a la instrucción en disciplinas científicas y luego se cree en la «neutralidad» ideológica y axiológica de tal educación. Según este punto de vista, las cuestiones de valores o de elecciones inherentes a la sociedad no tienen casi lugar en la enseñanza científica. En última instancia, enseñar se reduce a un acto técnico, bien delimitado para el contenido de las disciplinas necesario para la promoción, y por las ciencias de la educación que indican cómo hacerlo. No hay lugar para la negociación en una enseñanza semejante: todo estaría determinado por los saberes científicos y técnicos. La alfabetización científico-técnica debe viabilizar la superación de una vía tan poco crítica.

En teoría, pocos educadores dicen adoptar una visión tan tecnocrática de la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, en la práctica, un buen número lo hace. La tendencia a confiar la enseñanza de las disciplinas a «especialistas» ha ocasionado en estos últimos la convicción de ser más «instructores» que educadores.

En este capítulo quisieramos poner en evidencia los límites de esta visión tecnocrática y mostrar en qué aspecto los contenidos de enseñanza plantean posturas éticas y merecen consideración¹. Una alfabetización científica y técnica pasa sin duda por la toma de conciencia de que en todas las enseñanzas, aun en las más científico-técnicas, están en juego elecciones de valores y de ideologías.

1. La dimensión social de la elección de los programas

Aunque nosotros consideremos sobre todo las posturas éticas de los contenidos de enseñanza, deberíamos decir también una palabra sobre la

¹ Este capítulo está pues deliberadamente limitado a los contenidos de la enseñanza. No entra en los debates más amplios relativos a la educación o a la escuela. Sin embargo, las cuestiones éticas que afectan a los docentes sobrepasan la enseñanza propiamente dicha. Ellas conciernen especialmente a la institución escuela, lugar de múltiples conflictos de intereses. Una de las causas de la crisis de la escuela puede hallarse en la tendencia de los docentes a rehusar esta dimensión institucional y social de su profesión para no ver en ella más que el aspecto interpersonal y pedagógico. A este respecto, ver G. Fourez, *Eduquer, Écoles, Éthiques, Société*, Ed. De Boeck, Paris, 1990.

dimensión «política» de la elección de programas. (Pues se trata claramente de una decisión «política» en el sentido más preciso de la palabra: la que dicta normas y reglamentos que serán impuestos a grupos sociales, en nombre de una concepción particular de lo que es bueno, según algunos.)

Contrariamente a los que algunos piensan a veces, **decidir un programa de francés, de matemática o de física, no es de ningún modo un «acto científico»**. En efecto, un programa de física, por ejemplo, responde a una cuestión de base que concierne sólo muy indirectamente a la física: «¿Qué se estima útil enseñar hoy a determinados jóvenes de una sociedad dada?». Para responder a esta pregunta, la formación recibida en una facultad de ciencias apenas es útil. Si los físicos pueden indicar lo que, según ellos, su disciplina podría ofrecer a los jóvenes, son los análisis y los proyectos sociales los que proveen finalmente el cuadro conceptual que permite apreciar la elección de un programa.

¿No es extraño, entonces, ver que muy a menudo, las comisiones encargadas de construir los programas concernientes a una disciplina estén únicamente compuestas por especialistas en la misma? Agregarles «expertos en ciencias de la educación» no cambiaría casi el carácter tecnocrático del proceso, pero se aproximaría sin duda a una situación más equilibrada si se les agregaran personas formadas para elaborar análisis referentes a la sociedad. Sin embargo, en fin de cuentas, no serán jamás los saberes particulares de los especialistas los que cerrarán los debates y las negociaciones que conduzcan a las decisiones. Luego, la cuestión no responde tanto a saberes científicos como a proyectos sociales, y estos están a menudo en conflicto. Los debates relativos a los programas desembocan siempre en negociaciones y decisiones de tipo político.

Para decirlo de otra manera, resulta insuficiente el proverbio clásico que proclama que «Para enseñar el latín o la matemática a John, no hace falta solamente conocer el latín y la matemática, sino también conocer a John». Haría falta agregar «... y hace también falta conocer para quién, para qué y por qué se cree útil, en una sociedad dada, invitar —o forzar— a John a aprender el latín o la matemática»².

² Acerca del carácter «político» y no puramente técnico de la elaboración de los programas, ver el capítulo sobre «idéologies et programmes de Sciences» en G. Fourez, *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*. Chronique Sociale, Lyon, y Ed. Vie Ouvrière, Bruxelles, 1985. lo mismo que el capítulo sobre «Sciences et décisions humaines» en G. Fourez, *La construction des sciences*. Ed. De Boeck, Paris, 1992.

En otros términos todavía, la formación no puede limitarse a las cuestiones técnicas del aprendizaje o de la instrucción: ésta exige que se plantee también la cuestión del sentido de este aprendizaje o de esta instrucción. Y este sentido no puede ser considerado solamente en el mundo abstracto de las ideas generales, sino que debe también referirse a las especificidades de las situaciones sociales particulares. Se podría extraer de allí un principio ético esencial a la enseñanza: «la cuestión del sentido de un aprendizaje, incluyendo el de su inserción en la sociedad, no puede ser desatendido». En suma, importa siempre reubicar la enseñanza en el proyecto de sociedad que la sostiene.

2. El carácter ideológico de los contenidos de la enseñanza

Una vez aceptado un programa, hay que tener en cuenta que su contenido comporte siempre valores y representaciones: de la historia humana. Generalmente se admite que ciertos cursos, como los de religión o moral, transmiten más ideología que otros, y que estos deben, por esa razón, ser objeto de un examen particular desde el punto de vista de la ética. En nuestra sociedad existe unanimidad en cuanto a la oportunidad de un debate en el que se discuta el tipo de valores que se está dispuesto a transmitir así, y sobre la manera de legitimarlo.

La mayoría de las personas considera también como un hecho que disciplinas tales como francés, historia, geografía y algunas otras, transmiten necesariamente valores y legitimaciones ideológicas, y estiman que aquí también merecen ser planteadas las cuestiones éticas.

La coincidencia es mucho menor cuando se pregunta si los cursos de matemática y de ciencias suscitan cuestiones similares. Sin duda, se acepta de buen grado que ciertos cursos de ciencias —como los de biología (al menos cuando tocan a la bioética o a la evolución), o los de física (si hablan del origen del mundo)— conllevan cuestiones de valores e ideologías, pero en general se estima que, salvo esos casos excepcionales, la enseñanza de la matemática y de las ciencias es, en principio, una instrucción «neutral», ideológica y axiológicamente. No es raro, por otra parte, ver a profesores o estudiantes de ciencias mirar con un poco de conmisericordia a los colegas que deben tener en cuenta una dimensión que, según ellos, casi no les concierne. Por otra parte, cuando se le dice a un docente de matemática o de ciencias que en su curso subyacen

contenidos ideológicos, es frecuente que reaccione como si se lo hubiera agredido y acusado; muchos «científicos» hacen una cuestión de amor propio de no ser «ideológicos».

Ahora bien, se podrían invertir estas perspectivas y decir, de una manera paradójica pero pertinente, que los cursos de matemática y de ciencias conllevan un contenido ideológico mucho mayor que los de religión, por ejemplo. En efecto, los alumnos entran a una clase de ciencias bien decididos a creer en las verdades que se les propondrá «que crean». Si, por ejemplo, la «prueba» que se les presenta no les satisface, estimarán generalmente haberla comprendido mal, antes que cuestionar la teoría que se les propone «que crean». Finalmente, el espíritu crítico de los alumnos no es, en estos cursos, más que «sectorial» y limitado al razonamiento de la disciplina³. Es así que los alumnos aceptan aquí a menudo ciegamente toda una representación del mundo, y especialmente una imagen de las relaciones entre los saberes y la acción.

Las ideologías y los valores así transmitidos no deben ser considerados como suertes de impurezas científicas de la enseñanza. Ellos son inevitables y hasta testimonian sobre la salud del curso, en la medida en que muestran que lo que aquí se dice se conecta con el mundo concreto y luego, tiene su sentido. (Se podría decir de las ideologías en la enseñanza lo mismo que de las bacterias en el sistema digestivo: ¡su ausencia es signo de mala salud!)

3. Las fases escondidas de un curso

Para el físico, una botella mitad vacía o una botella mitad llena es la misma cosa. Esta manera de ver muestra acertadamente cómo una aproximación disciplinaria disimula una parte de lo que se dice. Porque, para retomar este ejemplo, si se me ofrece una botella de vino, no es equivalente exclamar que la mitad está llena o que la mitad está vacía. Efectos parecidos pasan también en la enseñanza: lo que se dice excede ciertos contenidos explícitos o evidentes. De esta situación se extrae una cuestión ética: «¿Hasta qué punto hay que esperar del docente que asuma la responsabilidad de lo que su discurso lleva 'añadido'?»

³ Se podría decir que, en los cursos de ciencias, las ideologías pasan como las bicicletas que no ven los aduaneros cuando, en un chiste belga, ellos registraban a los contrabandistas ciclistas. Simplemente, en los cursos de ciencias, toda la atención crítica está centrada sobre los razonamientos científicos y no sobre los discursos ideológicos que los acompañan.

Jamás un docente puede dominar todo el contenido ideológico de su discurso. Casi por definición, lo ideológico no puede estar completamente expuesto a la transparencia. Sin embargo, entre una total conciencia de lo que se transmite, y un engeñucamiento casi total, hay un término medio. De allí surgen cuestiones que merecen ser planteadas, entre otras: «¿Cómo un docente puede evitar estar completamente ciego en cuanto a lo que transmite como valores y representaciones del mundo?».

DE UN MANUAL DE QUÍMICA DE LOS AÑOS 70

HAN SIDO TOMADAS MEDIDAS PARA COMBATIR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Los Estados desarrollan los espacios verdes, protegen los sitios naturales salvajes, instauran reglamentaciones sobre la descarga de los desechos en la atmósfera, informan y sensibilizan al público para la protección de la naturaleza. Estas medidas son a menudo del dominio de los especialistas. Pero cada individuo debe sentirse directamente concernido. Reflexionen sobre esto.

RE-ESCRITURA:

UN TEXTO SIMILAR CON OTRA IDEOLOGÍA

LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN TIENE UNA DIMENSIÓN SOCIO-POLÍTICA

Haciéndose cargo del problema de la contaminación hay grupos que informan y sensibilizan al público para la defensa de la naturaleza. Ellos instan a sus representantes políticos a desarrollar espacios verdes, a proteger sitios naturales salvajes, a imponer reglamentaciones sobre el destino de los residuos, etc. En el examen de estas cuestiones, los especialistas científicos pueden ser muy útiles. Sin embargo, la cuestión de la contaminación no es puramente técnica pues en ella entran en juego elecciones sociales. Es finalmente una empresa de todos.

N. B. El segundo texto no transmite «la buena ideología»; transmite simplemente otra diferente de la primera.

Nuestra hipótesis plantea que es interesante que un docente tenga conciencia suficiente de que en cierto número de materias su discurso es ideológico. En otros términos: que adquiriera herramientas para el análisis de su enseñanza. En la medida en que posea esta conciencia, se tornará capaz de realizar elecciones. En efecto, así como lo muestra el ejemplo propuesto, el docente podrá clasificar los implícitos ideológicos de sus discursos en dos categorías: los que está dispuesto a asumir, y los que quisiera evitar. El caso citado por el manual de química es aclaratorio. Los autores, hablando de la contaminación, han desarrollado un texto en el cual afirman que «el Estado toma medidas para combatir la contaminación». La manera en que el texto está estructurado transmite implícitamente el mensaje de que es el Estado quien, por sí mismo, toma las iniciativas, sin presión de «simples ciudadanos» (presentados por otra parte como incapaces de hacer algo). Una vez que se llega a ser consciente del sesgo ideológico del texto, y comprendiendo que proporciona una imagen de ciudadanos impotentes y despolitizados, los autores pueden decidir si ellos quisieran transmitir este mensaje u otro. Los dos textos presentados más arriba muestran bien que hay elecciones a realizar entre diferentes ideologías⁴.

TERCERA VERSIÓN

LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN TIENE UNA DIMENSIÓN ECONÓMICO-POLÍTICA

En el curso de sus trabajos de rutina, los científicos toman a veces en cuenta los fenómenos de contaminación, confirmando así una impresión pública: avisan sobre los mismos a los responsables políticos y económicos. Estos, tanto por precaución como para asegurar su imagen notable y su credibilidad social, entablan campañas de sensibilización proclamando: «La contaminación es la empresa de todos».

Una primera etapa consiste en percibir dónde se sitúan, en el contenido de la enseñanza, los elementos ideológicos. Una segunda conduce a tomar conciencia de que otras tomas de posición son posibles. Una tercera, por

⁴ Se encontrará un análisis más detallado de este ejemplo, y de muchos otros, en *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*, op. cit. p. 17 y otras.

fin, implica la elección del discurso ideológico que se decide transmitir. No es en absoluto cuestión de pretender una neutralidad axiológica o ideológica; es de elección de lo que se trata. El docente tiene, con relación a su discurso, un espacio de libertad. Puede, por ejemplo, a veces por una simple observación que no toma tiempo, o por una explicación más larga, poner en evidencia los presupuestos de un manual y mostrar que ellos no son los únicos posibles.

Un método muy eficaz para captar el contenido ideológico de un texto o de un discurso consiste en producir una versión alternativa, eventualmente una «re-escritura». La yuxtaposición de los textos permite, en efecto, poner en evidencia los diferentes efectos sobre el lector o el oyente; permite así la elucidación ética, es decir un proceso en el curso del cual se tornan explícitos ciertos valores implícitos que de otra manera pasarían inadvertidos.

DE UN MANUAL DE FÍSICA

Vamos a probar ahora que la distinción entre material conductor y material aislante es un hecho.

VERSIÓN ALTERNATIVA

Vamos a ver ahora que, en ciertas situaciones, es interesante distinguir entre material aislante y material conductor.

N.B. El primer texto refleja una ideología empirista borrando el rol del sujeto; tiene el riesgo de favorecer una mentalidad más tecnocrática que el segundo. Estos textos preceden a una lección donde se ve la diferencia de comportamiento de una barra de vidrio y de una barra de cobre frente a la electricidad estática o a la corriente eléctrica.

4. Los lugares más habituales de la ideología

Proclamar simplemente que hay ideología en la enseñanza no resuelve casi el problema de los docentes. Es necesario, además, saber detectar donde está situada. En esta sección presentaremos un cierto número de dominios donde puede ser útil analizar las elecciones ideológicas. Recordamos que el objetivo de tal análisis no es pretender un discurso

sin ideología (esto es imposible), sino ser capaz de eliminar ideologías y/o valores que no se quisieran transmitir, y elegir los discursos que se está presto a asumir. La lucidez del análisis conduce pues a la responsabilidad de las elecciones que uno toma: la ausencia de análisis conduce, por el contrario, a un discurso no elegido, pero no neutro.

CUATRO TEXTOS «IDEOLOGICAMENTE CALIENTES»

(Textos en los que la mayor parte de los observadores notarán la presencia de un contenido ideológico)

Versión 1: El descubrimiento de las propiedades de ciertas prostaglandinas va a permitir, gracias a los métodos muy finos de dosaje bioquímico de los cuales disponemos, poner a punto técnicas abortivas elegantes.

Versión 2: El descubrimiento de las propiedades de ciertas prostaglandinas, sumado a la existencia de técnicas finas de dosaje bioquímico, hace posible la puesta a punto de técnicas abortivas no mecánicas.

Versión 3: El descubrimiento de las propiedades abortivas de ciertas prostaglandinas abre muy grande la puerta, vistos los métodos de dosaje bioquímico actuales, a un mayor peso del arsenal de las técnicas abortivas.

Versión 4: El desarrollo actual de técnicas y de modelos teóricos relativos a las prostaglandinas hace posible la puesta a punto de nuevas técnicas abortivas.

DOS TEXTOS IDEOLÓGICAMENTE FRIOS

(Textos donde muchos observadores no verán el contenido ideológico)

Versión 1: Darwin ha deducido su teoría de la evolución de numerosos hechos de los cuales ha sido testigo en el curso de su viaje alrededor del mundo.

Versión 2: En el siglo XIX, la idea según la cual la tierra, las sociedades, el universo, los seres vivos, tienen una historia es muy corriente. Darwin la ha utilizado para organizar en una perspectiva evolucionista la información biológica de su época.

Nosotros hemos ya notado cómo los programas responden a cuestiones sociales y cómo, luego, siempre se refieren a una representación ideológica del mundo y de la sociedad, lo mismo que a un proyecto sobre la sociedad y sobre los «educandos». Puede ser interesante, para un docente, investigar los presupuestos sociales del programa que está encargado de enseñar, de manera de poder elucidar el campo ético en el cual él se ubica.

En la enseñanza, vastos contenidos ideológicos se incorporan también mientras el docente explica la importancia o la pertinencia de la disciplina que enseña, y especialmente cuando trata de motivar a los estudiantes.

La exposición, implícita o explícita, de los métodos de una disciplina es también muy significativa. Esto vale tanto para las disciplinas de ciencias humanas como para las ciencias naturales o la matemática. Estas exposiciones de los métodos proponen generalmente una imagen de la racionalidad, de las representaciones y de las relaciones entre el saber y las decisiones humanas. Estos evolucionan a menudo entre un empirismo positivista y una epistemología que otorga un lugar al sujeto humano; inducen, además, la valorización de actitudes bastante diversas. Es así que, por ejemplo, el curso de matemática transmite a menudo una valorización del rigor mucho más próxima a lo que quieren los organizadores de una sociedad industrial que lo que podría favorecer una convivencia familiar.

Las representaciones de la verdad son también reveladoras. Es muy diferente verla como imponiéndose en nombre de una racionalidad universal, a considerarla como la construcción de modelos del mundo y de la sociedad que pretenden guiarnos en la acción.

Los elementos de la historia de la disciplina que la mayor parte de los docentes exponen a sus alumnos son también una relectura ideológica (y cuando los docentes no hablan de la historia de su ciencia, es también una omisión que tiene sus efectos sobre las representaciones inducidas en los alumnos). ¿No es significativo que si los cursos de historia han terminado generalmente confundiendo «los anales de los reyes» con la historia humana, no sea raro ver manuales de ciencias confundir la historia

de una disciplina con la de los grandes científicos (es decir los que han «ganado»: los «vencedores»)? Otras veces, la historia es reducida a anécdotas relativas a ciertos grandes científicos, lo que tampoco es neutral.

En los casos en que se adopta una **pedagogía por proyectos**, la elección de éstos es ideológicamente importante. No es la misma cosa tratar de crear un «sistote de racionalidad» acerca de la contaminación de un río que sobre la rentabilidad de una empresa. La manera en la que se hará jugar la interdisciplinariedad no es neutra tampoco: ¿cuántos profesores de física hacen comprender que la aislación de una casa es un problema que tiene componentes físicos, biológicos, ecológicos, éticos, jurídicos, económicos, etc.? La **definición de los «contenidos» estudiados** (lo que implica siempre una reducción a cuadros teóricos y, dirán los filósofos de las ciencias, paradigmáticos) es siempre ideológica. Así, la definición de «salud», «desarrollo», «cuerpo humano», «comunicación», «tierra», «ciudad», etc., implica elecciones que requerirán esclarecimiento.

Desde la misma perspectiva, hay que notar que los ejemplos elegidos no son neutros. ¿No es significativo que en la mayoría de las obras, del cálculo al francés, pasando por las estadísticas, los ejemplos sean la mayor parte de las veces tomados del mundo de las clases medias donde no se habla casi de conflictos, ni entre personas, ni en la sociedad? La aparente neutralidad de los ejemplos vela a menudo la preponderancia de una representación dominante de la sociedad, por la cual los excluidos son todavía más excluidos.

EJEMPLOS FALSAMENTE INOCENTES

¿QUÉ SE PUEDE COMPRAR CON 100 FRANCOS?

VERSIÓN 1: Por ejemplo, un bife, un billete de cine y un disco compacto.

VERSIÓN 2: Por ejemplo, 5 kg de pan, un saco de carbón y 20 kg de patatas.

VERSIÓN 3: Por ejemplo, 5 kg de pan, un billete de cine, pescada.

Para notar también en el curso: el conjunto de pequeñas observaciones y de «excursus», que trasladan muchísimos valores, en la relación interpersonal entre los docentes y los alumnos.

La manera de vivir una cierta disciplina en la clase, la arquitectura y la disposición de los locales, la mayor o menor familiaridad entre educadores y alumnos, todo esto está lejos de ser neutro, ya que nos aparta de más en más de los contenidos mismos de las asignaturas⁵.

5. Hitos para una ética

La exposición de las múltiples maneras en las que se reflejan valores e ideologías en los contenidos de enseñanza desencadena un debate ético a este respecto: «¿Qué queremos hacer con relación a estos contenidos?». Proponemos ahora algunas consideraciones éticas que podrían servir de criterios para tal debate.

Nos parece útil, en principio, abandonar de una vez por todas la ilusión de un dominio total de lo que conlleva un curso. Cualquiera sean sus talentos de analista, nadie puede saber totalmente cuáles serán los efectos ideológicos de sus discursos. Un deseo de total lucidez acarrearía simplemente una suerte de locura y una completa parálisis. Si hay momentos en los que el análisis puede ser útil y recomendado, importa, en otros momentos, trabajar «ingenunamente» sin «segundas intenciones». El principio ético que se podría agregar luego sería el de una elucidación razonable de lo que se expone. Pero se puede estimar que en el futuro se tolerará cada vez menos la ceguera total de un docente frente a la dimensión ideológica de sus discursos. Tal principio de elucidación razonable exige ya una real modificación de las prácticas actuales. Hoy, en efecto, muchos profesores no se sienten casi responsables de un análisis y de elecciones claras con respecto al contenido ideológico de su enseñanza. Esto es cierto sobre todo en el caso de los profesores de disciplinas consideradas como más neutras (como la matemática y las ciencias) aun si de hecho éstas estructuran profundamente el imaginario

⁵ Para formarse en el análisis de los contenidos de la enseñanza bajo el ángulo de los valores ideológicos conllevados. Cf. *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*, op. cit.: et: Ph. Mathy & G. Foutrez. *Enseignement des sciences. Éthique & Société*, que puede ser obtenido enviando un cheque de 43 FF a la Cétula Cethes-EMSTES, Facultés Univ. de Namur, B 5000, Namur, Bélgica.

de los jóvenes. Nos parece que sería legítimo demandar que en el futuro, la inquietud presentada en este capítulo forme parte de lo que un docente está llamado a asumir.

No sería, sin embargo, realista hacer tal demanda a los docentes si no se les provee de una formación adecuada. Hoy, los cursos disciplinarios, salvo tal vez en alguna que otra rama, no ayudan para nada a los docentes a desempeñar ese papel. Hay en esto una carencia en la formación que brindan actualmente las universidades y las otras instituciones formadoras de docentes. Es indispensable un esfuerzo en este sentido para que, de aquí a una o dos décadas, dispongamos de docentes capaces de asumir esta dimensión de su profesión.

Por fin, en una reflexión ética y política responsable frente a la enseñanza se debe subrayar que los contenidos de la enseñanza no forman más que una parte de las cuestiones éticas y políticas que se plantean en el sistema escolar. Habría que agregar aquí, entre otras, las cuestiones que surgen de relaciones interpersonales (especialmente la interacción entre los proyectos y deseos de los docentes y de la sociedad con los de los alumnos), las vinculadas a la escuela como institución histórica en Occidente, las que provienen del vínculo entre las escuelas y los poderes económicos y sociales (especialmente las luchas sociales que afectan a la escuela), las relacionadas con elecciones del tipo de sociedad reflejadas desde la escuela, las de los conflictos de intereses entre diferentes actores escolares (especialmente: docentes, padres, dirección, sindicatos, industria, Estado, universidad, alumnos, etc.), las de la tecnocratización de la escuela y de la aparición de ciencias de la educación en una sociedad individualista, las de un pluralismo creciente, etc.⁶

¿ALGUNOS OTROS EJEMPLOS PARA SENSIBILIZARSE EN EL EXAMEN DE LAS IDEOLOGÍAS CONTENIDAS EN UN CURSO*?

LOS MÉTODOS CIENTÍFICOS...

Versión 1: En esta sección vamos a aprender a observar.

Versión 2: En esta sección vamos a aprender las técnicas de observación del biólogo de campo (o del químico, del físico, etc.)

* Cf. temas que G. Fourez trata en su obra *Eduquer, Écoles, Éthiques & Société*, op. cit.
* Estos ejemplos fueron extraídos de la edición 1992 de *La construction des sciences*, op. cit.

Y LAS NECESIDADES...

Versión 1: Los organismos vivos tienen las mismas necesidades fundamentales que el hombre.

Versión 2: Similitudes entre los seres vivos: el punto de vista de los biólogos.

Versión 1: El ser humano tiene necesidades.

Versión 2: Definición del organismo humano y de las necesidades orgánicas.

Versión 1: El estudio muestra que la Wallonie (Bélgica) tendrá necesidad de dos veces más energía en 10 años.

Versión 2: El estudio muestra que, según el modelo elegido, hará falta dos veces más energía dentro de diez años en la Wallonie (Bélgica) si se mantiene el mismo estilo de vida.

Versión 1: Las realidades económicas indican que es necesario despidir a la mitad del personal.

Versión 2: El consejo de administración tendrá que pronunciarse entre diferentes elecciones posibles, entre ellas el despido de la mitad del personal.

Y LA MATEMÁTICA...

Versión 1: La matemática presenta demostraciones que tienen un rigor universal.

Versión 2: La matemática es una manera particular de razonar vinculada a cierto contexto.

Y LA HISTORIA...

Versión 1: En 1492, Colón descubrió América.

Versión 2: En 1492, Colón desembarcó en el Caribe.

Versión 3: En 1492, los españoles comenzaron la conquista del continente americano.

Propuestas para un manifiesto

Como conclusión de este ensayo, he aquí algunas propuestas —necesariamente comprometidas— para una política de alfabetización científica y tecnológica en la enseñanza secundaria y primaria. Las propuestas siguientes se podrán comprender a la luz de los capítulos que preceden.

Orientación global

✓ *Enfoque global*

La A.C.T. debe promover conjuntamente tres objetivos: un **humanismo** (enfoque cultural), una **sociedad democrática** (enfoque de participación) y el **crecimiento económico** (capacidad de producción). Estos objetivos son para ser promovidos entre todos los ciudadanos, y no solamente para una «élite».

✓ *No separar trayectorias científicas y tecnológicas*

La distinción entre los discursos científicos y tecnológicos puede ser considerada en buena parte artificial, pues los unos y los otros son producciones humanas, creadoras de modelos, vinculadas a situaciones, contextos y proyectos particulares. Importa sin embargo reconocer en las cuestiones tecnológicas su complejidad particular—demasiado a menudo

soslayada— pues el entorno, tanto humano como natural, en que ellas se desenvuelven es mucho más complejo que el de los laboratorios.

✓ *Para una enseñanza de las ciencias contextualizada*

Los modelos y conceptos científicos o técnicos no deben ser enseñados simplemente por sí mismos: hay que mostrar que son una respuesta apropiada a ciertas cuestiones contextuales. La enseñanza de las tecnologías no debe enfocarse en principio la ilustración de nociones científicas sino, a la inversa, mostrar que uno de los intereses de los modelos científicos es justamente poder resolver cuestiones (de comunicación o de acción) planteadas en la práctica. Es solamente en relación con los contextos y los proyectos humanos que las soportan, que las ciencias y las tecnologías adquieren su sentido.

✓ *La teorización como mediación humana*

La teoría no debe ser vista como un fin en sí, sino más bien como la construcción hecha, por humanos y para humanos, con el fin de poder comunicar y actuar en su historia¹; tiene siempre una dimensión a la vez cultural (la comunicación de la interpretación de nuestra historia) y práctica (el actuar)².

✓ *La creatividad científico-técnica*

Las ciencias y las tecnologías se deben colocar en el vasto movimiento de creatividad a través del cual hombres y mujeres imaginan posibilidades para su porvenir, eligiendo algunas (y dejando otras) y así construyen un futuro que es la respuesta a su historicidad y una creación de la humanidad (a propósito de la cual la ética debate para saber si se la declarará o no buena).

¹ La palabra historia está tomada aquí en la dimensión global que le han otorgado diferentes pensadores, especialmente latinoamericanos (Cf. I. Ellacuría: *Filosofía de la realidad histórica*, UCA ed., San Salvador, 1990): el horizonte mismo de nuestra existencia y de nuestro compromiso.

² El término *práctica* no debe ser tomado aquí en un sentido puramente utilitario o económico, sino que designa la globalidad de nuestro accionar histórico y tiene, pues, una dimensión ético-política.

✓ *La dimensión teórica de las tecnologías*

Las tecnologías no deben ser vistas únicamente como acciones prácticas y manuales: hay que poner en evidencia la dimensión teórica y de creatividad que ellas comportan.

✓ *La dimensión social de las tecnologías*

Una tecnología no puede ser reducida a una herramienta, ni aun a la modelización teórica de una situación: implica siempre una organización de la sociedad. Esta dimensión puede enfocarse a través de los métodos de evaluación social de las tecnologías (*Technology Assessment*).

✓ *Un lugar para la alfabetización tecnológica*

En principio se podría reducir el enfoque a un solo tipo de alfabetización, que sería científico-tecnológica. De hecho, dado que tradicionalmente el actuar tecnológico ha sido a menudo reducido a lo práctico, importa proporcionar un espacio y un tiempo a las tecnologías consideradas como actividades formadoras en sí mismas. Además, los cursos de tecnologías pueden ser un lugar privilegiado para la formación interdisciplinaria.

✓ *La interdisciplinariedad*

Aun si nosotros practicamos a menudo la interdisciplinariedad como Monsieur Jourdain hacía prosa sin saberlo, importa desarrollar metodologías de interdisciplinariedad para evitar perderse en ella.

PARA LOS ALUMNOS

✓ *Objetivos para los individuos*

El objetivo de la A.C.T. debe ser proporcionar a todos la posibilidad de situarse culturalmente frente a las ciencias y las tecnologías, y enfocarse una autonomía de los individuos, un manejo de ciertas situaciones, y la posibilidad de «negociar» frente a situaciones y/o a personas —entre ellos los especialistas— con los cuales están confrontados.

Importante !!

✓ ***Una formación activa***

La formación de los alumnos se deberá centrar no sobre el cúmulo de saber que se desea acumular sino, por lo menos en parte, sobre la realización activa de proyectos interdisciplinarios que les confieran una capacidad de decidir frente a su entorno natural y/o social.

✓ ***Una formación que tenga una dimensión sociohistórica***

Los modelos científicos y tecnológicos se deben enseñar, lo más frecuentemente posible, en relación con la manera en que han sido inventados en la historia, en entornos y culturas particulares.

✓ ***Haber realizado por lo menos un curso profundo de tecnología***

Se trata de mostrar a los alumnos que todo desarrollo tecnológico implica múltiples dimensiones (y luego necesariamente una aproximación pluridisciplinaria), lo que hay que tener en cuenta para llegar a un resultado satisfactorio.

Así, se podría, por ejemplo, imaginar un curso de arquitectura centrado en la adquisición de una vivienda (ya sea en alquiler, para comprar o para construir). Un curso tal obligará a una interdisciplinariedad práctica ya que entrarían en él componentes de las ciencias llamadas «duras» (física, biología, química, etc.), de economía, sociología, psicología, estética, historia, etc.

Desde otra perspectiva, se podría también enfocar la planificación de un curso acerca de una herramienta o de una técnica (por ejemplo, el horno de microondas).

✓ ***Haber realizado proyectos interdisciplinarios***

Durante su formación en la enseñanza primaria y secundaria (evidentemente con diferentes niveles de profundidad) los alumnos deberán haber realizado por lo menos una vez en cada ciclo, un proyecto interdisciplinario bien enmarcado en un contexto y en un proyecto (por ejemplo: explicar a los habitantes de una región el grado de contaminación del río local y sus causas, o también examinar la pertinencia de las normas de higiene de una cafetería, la política de un país frente a las drogas, las creencias con respecto al origen de la vida, etc.). Como se ve, el ísote de

racionalidad enfocado por un proyecto tal puede tener su eje en dimensiones prácticas o culturales, pero debe, para ser profundamente educativo, contener esos dos tipos de aproximaciones.

✓ ***Haber construido un ísote interdisciplinario de racionalidad centrado en una noción***

Esto implica siempre la elección de un contexto y de un proyecto. Se podría considerar, por ejemplo, la noción de energía, o de evolución, de sistema, de contagio, de medicamento, etc.

PARA LA FORMACIÓN INICIAL Y/O CONTINUA DE LOS DOCENTES EN CIENCIAS

✓ ***Una formación en la historia de las ciencias***

En el futuro, todo docente que egrese de una universidad o de un instituto superior pedagógico deberá haber recibido una iniciación en historia de las ciencias, iniciación que le permita superar una perspectiva limitada a la historia de los grandes científicos, o aun de las grandes ideas.

✓ ***Una formación en epistemología y en socioepistemología***

Este curso de epistemología deberá permitir comprender cómo se construyen los modelos científicos. Deberá especialmente mostrar las modificaciones que el constructivismo ha aportado a la manera de enfocar la producción científica. Deberá también hacer percibir a los futuros docentes cómo las producciones científicas están vinculadas a contextos y proyectos precisos.

✓ ***Una formación en interdisciplinariedad***

La formación epistemológica se vinculará con una introducción al análisis de los métodos interdisciplinarios: esto supondrá una comprensión del papel de las disciplinas, de la historia de su formación y del modo concreto de utilización de las mismas en los proyectos pluridisciplinarios, de manera de constituir ísotes interdisciplinarios de racionalidad. Esta iniciación se entenderá en relación con la formación en tecnologías, y con una pedagogía del proyecto.

✓ *Una formación en las tecnologías y en su evaluación*

Esta propuesta es paralela a la que trata sobre el mismo tema con referencia a los alumnos. Se trata de que el docente comprenda cómo se ha construido una u. otra tecnología, cómo ellas han engendrado sus organizaciones sociales, y cómo se sitúan en las dinámicas históricas de la humanidad. Una formación específica en los métodos de evaluación tecnológica (el *technology assessment*) deberá formar parte del bagaje básico de todo docente en ciencias o en tecnologías. Habrá que alcanzar a mediano plazo un objetivo según el cual el cuerpo de docentes en ciencias tenga un buen conocimiento de lo que son las prácticas tecnológicas.

✓ *La puesta en práctica de un proyecto interdisciplinario*

La formación en tecnologías y en interdisciplinariedad no puede quedarse en los libros. Los docentes no estarán en condiciones de conducir a los alumnos con una pedagogía activa y a veces interdisciplinaria sino con la condición de haber, por lo menos una vez, llevado a término un trabajo tal. Ahora bien, es un hecho que las universidades y las escuelas normales otorgan hoy diplomas a docentes que no lo han hecho jamás (se puede considerar esta situación como intolerable). Los proyectos de este tipo pueden ser variados, y los mismos —aunque con mayor profundidad— que los que han sido presentados anteriormente para los alumnos.

✓ *Una formación en el análisis de sociedad ligada a la «enseñanza»*

Para que los docentes en ciencias puedan presentar cursos de ciencias y/o de tecnologías adecuadas, es necesario que tengan: 1° un buen conocimiento de estas materias (formación disciplinaria); 2° un buen conocimiento de los alumnos y del modo en que ellos aprenden (formación pedagógica); 3° un buen conocimiento de las posturas y de las razones por las cuales se impone a los alumnos tal o cual formación. (Esto implica la capacidad de analizar el sistema escolar en la sociedad y exige una cierta formación específica a este efecto). Además, esta formación contribuirá a que el conjunto de los docentes se puedan desenvolver mejor en los conflictos sociales—incluso agitaciones sociales y/o huelgas—en los cuales, como docentes, están inevitablemente involucrados.

El bagaje del alfabetizado científico

La *American Association for the Advancement of Science* ha publicado un informe *Science for All Americans*¹. Este informe pretende que, cualquiera sea la utilidad de los conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos, no es necesario que todos los estudiantes deban adquirir un conocimiento detallado de esas disciplinas científicas en tanto que tales. Lo que recomienda, sin embargo, es que todos estén alfabetizados científico-técnicamente², lo que implicaría, además de actitudes y de saber-hacer, el conocimiento de ciertas nociones y principios de las ciencias. Desde esta perspectiva, el informe estima que una alfabetización científica supone ciertos conocimientos, detallados más abajo; propone así una selección de materias estimadas como las más importantes para una formación seria de todos los ciudadanos. Nosotros la presentamos aquí con la idea de que pueda ser útil para los que reflexionan sobre el incremento de las materias propuestas por los programas belgas.

¹ *Science for all Americans. A project 2061 report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology*. American Association for the Advancement of Science, Washington, 1989.

² La alfabetización (o aculturación) científico-técnica (*Scientific and Technological Literacy*), es una noción utilizada en la perspectiva según la cual, en nuestra sociedad contemporánea, ciertos saber-hacer y ciertos conocimientos se han vuelto tan útiles para los jóvenes como la lectura, la escritura y el cálculo.

1. **La estructura y la evolución del universo**, insistiendo sobre la similitud de los materiales y de las fuerzas que en él se encuentran por todas partes; sobre el hecho de que el universo está regido por un pequeño número de principios generales (tales como la gravitación universal y la conservación de la energía).
2. **Las estructuras generales del planeta Tierra**, comprendiendo su localización, sus movimientos, sus orígenes y sus recursos; la dinámica según la cual su superficie está modelada y remodelada, los efectos de los organismos vivos sobre su superficie y en su atmósfera; la manera en que las diversas formaciones de los suelos, los océanos y los cursos de agua, el clima y los recursos han influenciado la elección y las maneras de vivir de las personas, y el despliegue de la historia humana.
3. Los conceptos de base concernientes a la materia, la energía, las fuerzas y el movimiento, insistiendo sobre su utilización en modelos que permitan explicar toda una serie de fenómenos naturales diversos, desde el nacimiento de las estrellas hasta el comportamiento de las células.
4. **El entorno**, subrayando la riqueza y la diversidad de los organismos vivos sobre la tierra, vinculada a la sorprendente similitud de la estructura y de las funciones de sus células; la interdependencia de las diferentes especies, entre ellas y con el entorno físico; en fin, el flujo de materia y de energía a lo largo de los diversos ciclos de la vida.
5. **La evolución biológica** como concepto basado sobre datos paleontológicos y moleculares; como explicación de la diversidad junto a la similitud de las formas de la vida; y como principio de organización central de toda la biología.
6. **El organismo humano**, en tanto que especie biológica, social y tecnológica, comprendiendo en esto su similitud con otros organismos, su capacidad de aprender, que es el único en poseerla, así como la fuerte similitud biológica existente entre todos los humanos, contrastando con las grandes diferencias culturales entre los diversos grupos humanos.
7. **El ciclo de la vida humana** a través de todas sus etapas de desarrollo y de maduración, insistiendo sobre los factores que contribuyen a dar a luz sobre la tierra niños sanos, a desarrollar plenamente todo el potencial humano y a prolongar la duración de su vida.

8. La estructura de base y el funcionamiento del **cuerpo humano** visto como un sistema complejo de células y de órganos que aseguran las funciones fundamentales: encontrar la energía para la alimentación, protegerse de los peligros, asegurar la coordinación interna, reproducirse.
9. **La salud física y mental**, que necesita de la interacción de factores biológicos, fisiológicos, psicológicos, sociales, económicos, culturales y del entorno; sin olvidar las consecuencias de la alimentación, de los ejercicios físicos, de las drogas o medicamentos, ni la calidad del aire y del agua.
10. **Las tecnologías en medicina**, es decir los materiales y técnicas mecánicos, químicos, electrónicos, biológicos y genéticos; su utilización con miras a mejorar el funcionamiento del cuerpo humano; su rol en la detección, el diagnóstico, la supervisión monitoreada y el tratamiento de las enfermedades; y por fin los problemas éticos y económicos que ocasiona su utilización.
11. Los elementos de la **dinámica social** que gobierna a los humanos: las consecuencias de la implantación cultural de la persona al nacer; la naturaleza y las consecuencias de las distinciones de clases; las variedades de los grupos sociales a propósito de lo que consideran como comportamiento integrado, efectos sociales de la adhesión a un grupo, rol de las tecnologías en la formación de un comportamiento social.
12. **Los cambios y los conflictos sociales**, insistiendo sobre los factores que estimulan o frenan el cambio; la significación de los compromisos sociales; las causas y los conflictos, los mecanismos para resolverlos, entre grupos e individuos; el rol de los gobiernos en orientar o moderar el cambio; las consecuencias de la interdependencia creciente del mundo social y de los sistemas económicos.
13. **Las formas de organización política y económica**, poniendo el acento sobre la interferencia de los puntos de vista políticos y económicos, la manera en la cual los sistemas políticos y económicos difieren entre sí, y la mezcla frecuente en la práctica de los sistemas capitalista y socialista.
14. **La población humana**, especialmente su número, su densidad y su distribución: los factores tecnológicos que la han conducido a acrecentarse y a imponerse rápidamente; su impacto sobre otras

especies y sobre el entorno; su porvenir en función de los recursos y del uso que haga de los mismos.

15. **La naturaleza de las tecnologías**, comprendida la agricultura, insistiendo sobre la revolución agrícola en el pasado y los efectos de la productividad agrícola del siglo XX, debidos al empleo de tecnologías biológicas y químicas; la adquisición, el funcionamiento y la utilización de materiales y de energía, con atención particular a la revolución industrial y a la revolución en curso en las empresas bajo el efecto de la utilización de computadoras; por último, los procesos de información y de comunicación, subrayando el impacto de las computadoras y de las comunicaciones electrónicas sobre la sociedad contemporánea.
16. **La matemática** de los símbolos y de las relaciones simbólicas, valorizando las especies, las propiedades y los usos de los números y de las formas; los métodos gráficos y algebraicos para expresar las relaciones entre objetos; los sistemas de coordenadas como medios de vincular los números a la geometría y a la geografía.
17. **Las probabilidades**, comprendiendo en ellas las formas de las incertidumbres que limitan los conocimientos; los métodos que permiten medir y formular las probabilidades; el uso de métodos de este género para prevenir los efectos en los casos de problemas en gran escala.
18. **El análisis de datos**, insistiendo sobre los métodos numéricos y gráficos para presentar una síntesis de datos; la naturaleza y los límites de las correlaciones; la cuestión del muestreo.
19. **El razonamiento**: conocer la naturaleza y los límites de la lógica deductiva: el uso de la generalización y sus peligros cuando las experiencias son limitadas; el razonamiento por analogía.

Programas de ciencias: ¿cantidad o calidad?

Para cumplir su papel en la sociedad ¿deben los programas de ciencias contener el conjunto de materias que tienen actualmente?

**Conclusiones abreviadas del seminario EMSTES
(Enseignement des Mathématiques et des Sciences,
Technologies, Ethiques, Société) 1990-1991¹**

En el curso del seminario nos hemos preguntado si era posible, en el cuadro actual de los programas impuestos, proceder a una educación que diera a los jóvenes una alfabetización o una aculturación científica y técnica (*scientific-technical literacy*).

¹ Han participado en el seminario: C. de Bueger-Van der Borcht, P. B. de Monge, G. Foutrez (coordinador), J. M. Guillemeau, P. Martin-Nouillard, L. Mathot, I. Popoff, Ch. Sohel, F. Tilmans, Ch. Tilmans-Cabiaux (secretario científico), V. Tonnard, M. Van Sinoy, Y. Verbiest, P. Wéry, M. Wautelet. Los redactores del informe fueron G. Foutrez y Ch. Tilmans-Cabiaux. Este seminario es el que organiza cada año la célula EMSTES del departamento «Sciences, Philosophies, Sociétés» de las Facultades Universitarias de Namur, B 5000 Namur (tel.: 081/774117; fax: 081/230391), departamento en el cual la investigación se centra en las interacciones entre las

Nuestra primera hipótesis de trabajo ha sido considerar el programa como un falso obstáculo institucional. El programa no es una obligación absoluta. No obstante, en la práctica, para «ver» todas las nociones, muchos docentes, con razón o sin ella, se sienten a menudo obligados a ir muy rápido y además a desarrollar cada noción «con suficiente profundidad». De allí su queja frecuente: los programas están a tal punto recargados que es imposible hacer otra cosa que «ver» los títulos.

Es así que los docentes son a veces llevados a privilegiar la «teoría» en detrimento de la resolución de problemas tal como se plantean en la existencia cotidiana. Aquí por «teoría» entendemos el estudio, de manera disciplinaria, de nociones científicas no relacionadas con las causas de su origen ni con las situaciones que continúan hoy haciéndolas pertinentes y fecundas. La mayoría de los miembros del seminario están persuadidos de que, para que el conocimiento de nociones científicas sea interesante, estas deben estar comprendidas en su contexto práctico, histórico y cultural. Sin esto, las nociones corren el riesgo de aparecer como trucos mágicos, incluso como manías de docentes. Luego, más valdría «ver» menos, pero llegar a comprender por qué tal o cual modelo teórico es o ha sido fecundo. Por otra parte, la prisa en «ver el programa» conduce a menudo a reducir los problemas o los laboratorios a meras «aplicaciones» de la teoría. Muy a menudo, en los cursos de ciencias, un «problema» no es una situación problemática proveniente de la existencia cotidiana, sino una manera de utilizar una noción que ha sido enseñada por ella misma.

La misma presión del programa conduce a ignorar prácticamente todo lo que no entra en sus marcos actuales, y especialmente el **campo tecnológico** (con sus componentes prácticos y teóricos). El aprendizaje de una noción o de un modelo teórico sólo puede ser formativo si el alumno se da cuenta de que pueden servir en ciertos contextos. Esta manera de vincular los modelos con la aplicación no es una manera de ceder a una aproximación utilitaria, sino de ver cómo y por qué la **teorización tiene sentido** (es decir cómo se vincula con ciertos proyectos en ciertos contextos).

ciencias y la sociedad. Esta célula edita también el *Courrier du Cethes (Construire une ETHique de l'Enseignement des Sciences)*, boletín de conexión entre los docentes interesados en los vínculos Sciences, Technologies, Sociétés. El informe del seminario puede ser obtenido abonándose al *Courrier du Cethes* por el pago de 200 FB a la cuenta 250-0074027-04, con mención: 9245 PAF Courrier Cethes.

Algunos atribuyen también al «programa» la duda de muchos docentes de presentar las ciencias en su cuadro histórico.

El eslogan a menudo citado según el cual la enseñanza de las ciencias debe conducir al aprendizaje del método científico no parece haber tenido suficiente efecto en la práctica, donde es el conjunto de las nociones a impartir es lo que sigue siendo a menudo prioritario. Además, lo que se presenta como «método científico» es a veces una imagen cercenada de prácticas científicas, ni operacional ni histórica, ni ligada a los proyectos que han dado sentido a las teorías. En fin, este eslogan ignora el hecho de que hay más de un «método científico». Puede ser que el mismo fuera más preciso si se invitara a los docentes a hacer participar a sus alumnos en diversas tradiciones científicas. Esto podría conducir a los alumnos a hacer el aprendizaje de la creación personal y colectiva de modelos teóricos, para apprehender el mundo, comunicarse con otros acerca de sus propósitos, y actuar sobre él.

Los programas abultados con nociones científicas inducen también a una concepción incorrecta de los «prerrequisitos» necesarios para comprender o producir modelos científicos y técnicos. Muchos docentes parten de la idea de que los alumnos no pueden abordar ciertas cuestiones sino después de haber asimilado toda una serie de conceptos supuestamente necesarios (así, ¡hemos oído a profesores de biología decir que no podían hablar del SIDA porque los alumnos no tenían los prerrequisitos necesarios en materia de inmunología!). Una actitud tal está a cien leguas de los métodos practicados en materia de investigación por los científicos, o por los médicos o ingenieros: el saber científico, en efecto, no progresa más que por la construcción de modelos teóricos que utilizan conceptos, teorías o imágenes que, a un cierto nivel de profundidad, no son comprendidas. Como principio, se podría decir que, en la mayoría de los casos, para tener una idea sana y operacional de modelos científicos, son necesarios menos prerrequisitos de los que muchos pretenden.

Los miembros del seminario han constatado además que la inquietud causada por la sobrecarga de los programas de ciencias era compartida por muchos otros, en Bélgica o en el extranjero. Especialmente la obra publicada hará diez años por la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) adopta resueltamente una perspectiva según la cual no se trata ya de conocer una multitud de cosas, sino de conocerlas en profundidad y de manera personal. La opción de los expertos de la AAAS (elegir un número limitado de nociones a impartir a los alumnos) aparece frente a la mayoría de los miembros del seminario como un paso en la dirección correcta.

Por último, durante las discusiones del seminario surgió que no era necesario, para desenvolverse adecuadamente en la vida —y aun dar prueba de una real alfabetización científico-técnica (*«techno-scientific literacy»*)— poseer todos los conocimientos de los cuales se habla en los programas. Todo indica por otra parte que, frecuentemente, la mayoría de los adultos ha olvidado buena parte de las nociones aprendidas durante su formación, lo que no les impide a algunos llegar a utilizar nociones científicas y, sobre todo, aprender nuevas, cuando sea necesario.

Lo que es esencial es crear finalmente que uno puede informarse sobre un problema, tener al respecto una opción racional, poder utilizar a los «especialistas» sin dejarse mistificar por sus saberes, aun cuando no se conozca a fondo ese problema.

Se podría pues considerar como conclusión del seminario la propuesta siguiente:

Es deseable disminuir muy sensiblemente la lista de los intitulados de las «materias» o «nociones» a enseñar en ciencias en la escuela secundaria, y centrar la formación de los jóvenes en los objetivos culturales y prácticos que les permitan integrarse en nuestra sociedad científico-técnica.

1. Para los alumnos que se orientan sea hacia una enseñanza superior de tipo «no científico» o «no técnico», o que no continuarán estudios ulteriores, el objetivo de la enseñanza secundaria no debería ser la abundancia de materias, sino que los alumnos logren:
 - a) capacidad de construir modelos científicos o técnicos;
 - b) capacidad de vincular los modelos científico-técnicos a situaciones existenciales globales, y de manera multidisciplinaria, es decir aprender a entrecruzar las aproximaciones científicas y las jurídicas, económicas, éticas, etc., para resolver problemas de la vida cotidiana;
 - c) comprender que los modelos científicos han aparecido históricamente para responder a situaciones específicas y que la filosofía de las ciencias no puede ser inteligible más que en el marco de los objetivos y de las controversias de una época dada;
 - d) llegar a cierto grado de comprensión de algunas nociones que se repiten sin cesar en nuestra sociedad (generalmente estas nociones no son puramente disciplinarias, sino más bien «nómades» entre las diversas disciplinas, como la de «fuerza» que va y viene entre la

física, la economía, la química, la biología, la psicología, y aun las nociones de la vida cotidiana);

- e) Llegar a una cierta comprensión de una u otra gran teoría (como la evolución, la electricidad, el modelo atómico), más con el fin de aproximarlas, de desmitificarlas, de captar su historicidad, y a veces su belleza estética, que de poseer de ellas un conocimiento considerado como profundo por un especialista;

- f) aprender «el buen uso del especialista» reconociendo lo que él puede aportar, sin dejarse mistificar por su saber, al punto de no atreverse a pensar por sí mismo racionalmente.

2. Para los alumnos que siguen una rama orientada hacia estudios con alta utilización de ciencias y de técnicas, deberían tenerse en cuenta los mismos principios, pero será sin duda esencial que estos estudiantes tengan por lo menos un curso disciplinario, enfocado de manera «clásica». No parece sin embargo necesario para su éxito, ulterior en la universidad que toda su formación científica se haga así de manera disciplinaria. Una cabeza que sabe pensar y expresarse tiene más posibilidades de tener buen éxito en la universidad que una «cabeza bien llena».

Aparece claramente a los miembros del seminario que tales modificaciones deberán estar acompañadas por una formación renovada de los docentes, de los cuales se sabe que no están casi preparados para tal aproximación. Hay que formar a los futuros docentes para que aprendan a leer los programas inteligentemente.

Además, para la construcción de los programas parece importante que esta elaboración no sea confiada simplemente a especialistas de las disciplinas científicas; están a menudo demasiado centrados en su especialidad. Su aporte es sin embargo esencial, sobre todo para mostrar las posibilidades formativas de su disciplina y para indicar lo que se podría hacer. Pero a las comisiones productoras de los programas debería agregarse un buen número de «no-especialistas», de manera que, finalmente, sea el beneficio de los alumnos y de la sociedad lo primordial en los programas, y no las representaciones de las disciplinas. Serán particularmente bienvenidas en las comisiones las personas que, como los médicos y los arquitectos, han sido llevados por su profesión a no aislar el saber científico de su sentido en la vida cotidiana.

Criterios para evaluar la articulación entre ciencias, tecnologías y sociedad

Inspirado en la revista «SSTS Reporter»

La revista americana «SSTS Reporter» (*Science through «Science, Technology and Society»*, University Park PA 16802) publicó en su número de abril de 1986 los criterios que utiliza para evaluar módulos de enseñanza con referencia a dos fines: el primero concierne a la articulación CTS «Ciencia, Tecnología y Sociedad» (o sea la posibilidad para el alumno de situarse como ser humano en una sociedad científico-técnica) y el segundo, a la formación científica efectiva realizada durante este proceso educativo. Se puede pues considerar cada criterio como un objetivo que posibilite una acción pedagógica. Evidentemente, si se trata de evaluar un curso de ciencias o de matemática, deben ser tomados en cuenta otros objetivos además de los ligados a la articulación CTS. La grilla que sigue puede aplicarse tanto a cursos de ciencias como a módulos de ciencias humanas donde intervienen cuestiones científicas o tecnológicas.

Se pueden utilizar los criterios que siguen con referencia a todo género de actividades de formación vinculadas con las ciencias o las tecnologías, por ejemplo para trabajar con un número de la revista de ciencias, un

extracto del periódico oral presentando una nueva tecnología, la página científica de un diario, un manual de ciencias o de matemática, una lección sobre un tema científico o técnico cualquiera, etc. Está claro que, en ciertos módulos de enseñanza, se tendrá a veces más interés en insistir sobre las relaciones entre ciencias, tecnologías y sociedad que en otros. Los criterios están destinados a revelarnos dónde se sitúa uno con referencia a ciertos objetivos posibles; no nos dicen que haya que seguirlos necesariamente, y menos aun en todo momento.

Después de haber presentado los criterios, indicaremos cómo los utiliza la revista SSTs.

N.B. En este texto, los términos «ciencia» y «formación científica» están generalmente circunscriptos a una significación restringida, distinta de lo que implica la expresión «ciencias humanas», y vinculada con la acepción corriente de la expresión «Facultad de Ciencias».

1. Criterios de evaluación de la relación «Ciencias, Tecnologías, Sociedad»

- a) **Indicaciones claras del lazo con la Sociedad:** el módulo de enseñanza, ¿tiene claramente, desde el principio y por medios propios, a atraer la atención sobre las relaciones existentes entre los desarrollos tecnológicos o científicos y las cuestiones sociales correspondientes?
- b) **Influencias recíprocas CTS:** las influencias recíprocas entre «Tecnología», «Ciencia» y «Sociedad» ¿están claramente establecidas?
- c) **Imagen de sí mismo y Sociedad:** el material ¿conduce a los alumnos a comprender la manera en que ellos son personalmente miembros interdependientes de la sociedad? ¿Y que la sociedad es en cierto modo un «actor» responsable en el interior del ecosistema que forma la naturaleza?
- d) **Equilibrio ideológico:** ¿propone el material un inventario equilibrado de los diferentes puntos de vista existentes, a propósito de los problemas y de las elecciones planteadas, sin intentar por esto disimular la perspectiva propia del autor?

e) **Apertura a los valores:** ¿ayuda el material a los alumnos a superar la temática específica de la materia enseñada para comprometerse en consideraciones en el nivel más amplio de «Ciencias, Tecnologías y Sociedad», lo que implica abordar el problema de los valores y de las éticas personales y sociales?

f) **Ayuda a la decisión:** ¿compromete el material a los estudiantes a desarrollar actitudes conducentes a resolver problemas y a tomar decisiones?

g) **Ayuda a la acción:** ¿estimula el material a los estudiantes a comprometerse progresiva pero personalmente en su vida y/o en la sociedad? ¿Los ayuda a considerar los diferentes argumentos u opciones posibles? ¿A sopesar los valores y las consecuencias implicadas en las diferentes elecciones?

2. Criterio suplementario para poder decidir cuándo un módulo contribuye a la formación en ciencias por medio de la articulación «Ciencia, Tecnología y Sociedad».

¿Utiliza el módulo esta relación CTS para suscitar la confianza de los alumnos en la práctica y comprensión de por lo menos un campo limitado de las «ciencias»? ¿Los ayuda a manejar y utilizar datos cuantificados o conceptos científicos precisos como criterios de juicio en el dominio «Ciencia, Tecnología y Sociedad»?

3. Dominios conectados. Estos son los dominios de la sociedad con los cuales un módulo de enseñanza de las ciencias o de las tecnologías puede ser relacionado:

Historia, Artes, Educación Técnica, Ética, Profesiones, Ciencias Humanas, Matemática, Vida social y en comunidad. Las «conexiones» pueden hacerse en los dos sentidos:

1. un elemento científico puede ser conectado a la vida social (por ejemplo, en ocasión de un curso de matemática se muestra cómo ésta influencia la vida social);

2. la vida social puede ser conectada con un elemento científico o tecnológico (por ejemplo, en ocasión de un curso de economía se habla del funcionamiento técnico de la industria metalúrgica).

La revista SSTS utiliza estos criterios un poco a la manera en la que Test-Achat utiliza una grilla para comunicar sus evaluaciones. Por ejemplo, la obra *Diseases and the Doctor* (*Maladies et Médecin*, publicada por The Association for Science Education, 1981, 64 pp.) recibe, después de un informe más clásico, las siguientes notas resumidas: Indicación clara del vínculo con la Sociedad: bueno; Influencias recíprocas CTS: flojo; Imagen de sí mismo y Sociedad: flojo; Equilibrio ideológico: bueno; Apertura a los valores: bueno; Formación Científica: bueno. Dominios conectados: Ciencias sociales y Profesión.

Apéndice 4

Aproximaciones científicas y tecnológicas: sus diferencias

K. H. Sörensen y N. Levold

La organización del más importante productor de fertilizantes de Europa, Norsk Hydro, en el curso de la primera década de este siglo, constituye un excelente ejemplo de la manera de introducir nuevas combinaciones entre la tecnología y las fuentes de energía. Lo que hace la historia interesante para nosotros es el papel importante jugado por un científico, Kristian Birkeland, noruego, reconocido profesor de física, y un ingeniero-empresario, Sam Eyde. Hemos elaborado dos versiones de este estudio de caso, una escrita desde un punto de vista que enfoca la investigación científica como el centro mismo del asunto; la otra, construida a partir de la convicción de la importancia predominante de la ingeniería, y suponiendo una gran diferencia entre ciencia y tecnología. Dado que la última está de acuerdo con nuestra visión, las dos versiones no son presentadas como igualmente probables. Al contrario, nuestra intención es esclarecer los problemas que sobrevienen cuando se describen y analizan innovaciones a través de informaciones recogidas considerando ya sea exclusivamente a los científicos, o a los científicos en ingeniería.

Situemos el decorado de los dos relatos reproduciendo el informe de Sam Eyde sobre el nacimiento de la idea en la que se basó la asociación entre Birkeland y él mismo. Ellos se encontraron por primera vez durante

una cena informal organizada por el primer ministro noruego Gunnar Knutsen, el 13 de febrero de 1903. Este encuentro tuvo por resultado reunir a los dos personajes, con miras a desarrollar lo que sería más tarde conocido como el método Birkeland-Eyde de producción de óxido de nitrógeno¹. Eyde escribe en su autobiografía: «Durante nuestra conversación, Birkeland me preguntó qué hacía yo en ese momento. Teniendo en mente mis experiencias sobre el nitrógeno, vinculadas con el gran número de caídas de agua que había adquirido, espontáneamente exclamé que deseaba conseguir el relámpago más grande que pudiera ser producido sobre la tierra. 'Yo puedo obtenerlo eso', replicó Birkeland, antes de comenzar a hablarme de un corto circuito que se había producido durante una demostración de cañón eléctrico... Gracias a un sistema de poderosos electroimanes, la chispa producida había tomado la forma de una llama».

La constitución de Norsk Hydro como empresa científica

Comenzaremos esta historia presentando a Ruth, nuestra primera «observadora sobre el terreno». Formada en sociología de las ciencias, ha aprendido que una de las astucias del oficio es seguir a los científicos. Así, al establecer el plan de su estudio sobre la constitución de la Norsk Hydro, se decidió a seguir las huellas del célebre profesor Kristian Birkeland, elección que le pareció evidente para escribir su contribución sobre el tema. El rol importante de Birkeland es ampliamente reconocido por la comunidad científica noruega.

Ruth se preparó para esta tarea y aprendió que el profesor Birkeland era un físico inventivo, consagrado al trabajo, talentoso e involucrado en diferentes dominios. Durante un tiempo, había realizado investigaciones experimentales sobre el electromagnetismo. Buscando ganar dinero con sus aplicaciones, trabajó en la puesta a punto de un cañón eléctrico. Este esfuerzo lo condujo sin embargo a serios problemas. Habiendo llegando con atraso a la cena mencionada más arriba, Ruth descubrió que el profesor ha tenido éxito en enrolar a un ingeniero y hombre de negocios, Sam Eyde, para pagar los futuros desarrollos de sus últimas experiencias, dirigidos en una dirección diferente. La fe de Ruth en las cualidades

empresariales del profesor parece estar confirmada. Su habilidad para traducir los intereses de Eyde para la producción de óxido de nitrógeno a partir del aire, de manera que pudieran integrarse a sus investigaciones del momento, es sorprendente.

Un poco más tarde, Ruth encuentra a Birkeland mudo de un presupuesto, de instrumentos, de asistentes, y a punto de emprender una importante serie de experimentaciones con diferentes dispositivos para transformar chispas eléctricas en «destellos» artificiales de luz, en el interior de alguna cosa parecida a un horno. Tuvo éxito en alcanzar el objetivo, es decir producir óxido de nitrógeno, hazaña que le valió reputación internacional. En el mundo de la ciencia, Birkeland supo comprometer a otros científicos en la aceptación de su método como una «caja negra». Nuestra observadora empedernida encuentra que esto se debió en parte a las vistas de importantes profesores extranjeros que vinieron al laboratorio y fueron convencidos leyendo los informes y observando experiencias específicas. Ruth está persuadida de que este proceso de compromiso ha demandado mucha competencia e ingenio de parte de Birkeland.

Ruth está aun más impresionada al descubrir que los esfuerzos científicos de Birkeland han constituido la base tecnológica de la nueva y gran compañía industrial llamada Norsk Hydro. Es la prueba final de la manera cómo el profesor, a través del laboratorio, ha sido capaz de cambiar la faz del mundo. Después de haber visitado Rjukan y observado grandes caídas de agua domesticadas y transformadas en energía eléctrica, Ruth se da cuenta de que no es posible negar la enorme importancia de los laboratorios y la potencia fantástica de la ciencia.

El ingeniero inquieto

Ruth no es nuestra única observadora. A su amigo Otto, sociólogo de la tecnología, se le ha también confiado este trabajo. Siguiendo su instinto, él ha elegido seguir al ingeniero-empresario Sam Eyde. Enterado de la brillante carrera de Eyde como ingeniero civil, así como de sus esfuerzos por comprar caídas de agua, Otto comienza a darse cuenta de que ha heredado una tarea difícil. Habiendo perdido el apetito, él «saltea» la cena donde Eyde encuentra a Birkeland y debe contar con las anotaciones de Ruth. A modo de revancha, estudia el magnífico escenario que Eyde ha elaborado a través de una serie de artículos y notas, en las cuales sugiere utilizar el nitrógeno de la atmósfera para fabricar fertilizantes y luego contribuir a los futuros combates contra el hambre.

¹ (n.d.l.r.) El texto original utiliza el término nitrógeno, es decir *azote* en francés. Sin embargo, no es cuestión aquí de producir el nitrógeno, sino de utilizarlo para fabricar un óxido de nitrógeno que será «sobre-oxidado», y luego tratado con agua para producir ácido nítrico.

En algunos días, Otto aprende más aún a propósito de las dificultades de ser un sociólogo de la tecnología. Ruth le dice que a Birkeland se lo encuentra casi siempre en su escritorio o en su laboratorio. Eyde, por el contrario, parece ser incapaz de permanecer en un lugar, siempre viajando de una reunión a la otra, yendo y viniendo entre el laboratorio y los obrajes. Otto está de hecho cada vez más turbado, buscando determinar cuál es el rol de Eyde. Por momentos, aparece como un ingeniero de investigación, discutiendo las experimentaciones con Birkeland y sus asistentes, y haciendo nuevas sugerencias o encontrándose con profesores alemanes para obtener sus puntos de vista sobre esta nueva idea. De inmediato, se transforma por un instante en una suerte de terrateniente, inquietándose por sus caídas de agua y por el derecho a explotarlas. En otros momentos, se perfila como político, encontrándose con el Primer Ministro noruego y con otros miembros de la elite política de Noruega.

Se ve a menudo a Eyde recordar que tiene una cita con su viejo amigo, el banquero e inversionista Marcus Wallenberg de la Swedish Enskilda Banken. Corre a buscar un buen traje a la vez que sus anotaciones contables, de manera de inducir a Wallenberg a apoyarlo para pedir prestado un capital suficiente en Francia a fin de comenzar la construcción de la gran estación hidro-eléctrica en Rjukan y la usina que debe producir el óxido de nitrógeno. Al perder el tren, Otto llega tarde a Estocolmo y encuentra a los dos hombres comprometidos en una partida de cartas. Otto espera una tarde tranquila, pero Eyde se levanta súbitamente, da gracias a su invitado por su apoyo y hospitalidad, y expresa su pesar por tener que partir para Alemania con el fin de encontrarse con Braumüller de la *Deutscher Salpeterwerke* para informarse sobre la situación del mercado del salitre. Otto lamenta esta partida, tanto más cuando se entera de que Eyde proyecta encontrarse con un tal Behrend y muchos otros para discutir acerca de temas químicos, y con los profesores Hottop y Barkhausen de Hanovre para recibir consejos a propósito de los planos de construcción de diques de la usina hidroeléctrica. Durante sus periplos, Eyde encuentra al profesor Ost y discute con él acerca de nuevas experiencias. Enseguida toma otro tren para visitar la *Verminigte Thonwarenwerke* en Charlottenburg.

Agotado, Otto vuelve a Oslo donde Eyde ya está organizando nuevas experiencias para calibrar sus equipamientos de laboratorio. Esto retiene a Eyde durante algún tiempo, y Otto aprovecha un descanso bien merecido. Pero como las nuevas experiencias tienen rápido éxito y se forma

finalmente la nueva sociedad, Eyde comienza verdaderamente a agitarse. Mientras tanto, se inician los trabajos de construcción. Numerosas sociedades están implicadas, centenares de personas son contratadas, y un número enorme de problemas de organización deben ser resueltos. Otto encuentra que él no puede sostener este ritmo y comienza a buscar un científico bien tranquilo que ame su laboratorio.

Comparando sus notas, Ruth y Otto advierten que sus experiencias no deben solamente ser interpretadas en términos de esfuerzo. Con sorpresa, Ruth se entera de que Otto duda de que Birkeland sea el héroe de la puesta en marcha de Norsk Hydro. Otto intenta convencerla de que el proyecto de la estación de gran potencia en Rjukan y de la gran usina en Notodden es en principio el resultado de los intensos esfuerzos del ingeniero Eyde, que integra conocimiento tecnológico y conocimiento de dominios como las finanzas, el marketing, la organización del trabajo y la política. Mientras Ruth puede dejar el laboratorio y seguir a Birkeland en algunos de sus viajes sabiendo que ningún cambio importante se producirá durante la ausencia de éste, Otto se lamenta de tener que estar en veinte lugares diferentes al mismo tiempo. Cosas importantes suceden por todas partes tras los pasos de Eyde, pero las mismas continúan produciéndose cuando él está ausente. Si tuviera que rehacer un estudio semejante, Otto quisiera tener a su disposición un ejército de asistentes. A menos, agrega soñador, que deba decidir unirse a los banqueros franceses que han suministrado el capital para Norsk Hydro, sacando más provecho de los esfuerzos de Eyde que ningún otro. Los banqueros esperan tranquilamente que los empresarios vengán y soliciten un empréstito. No deben, como los ingenieros, correr a izquierda y derecha para ensambalar los proyectos tecnológicos. «Seguir a los banqueros, tal será en el porvenir mi regla metodológica», masculla Otto.

Ruth no está totalmente convencida de que el caso de Otto sea verdaderamente diferente del suyo. Se plantea particularmente interrogantes sobre lo que considera en Otto como una falta de atención dada a los laboratorios. ¿No es verdad, dice, que los esfuerzos de Eyde — además de conversaciones enojosas con los banqueros y los políticos — consisten principalmente en la puesta en común de parcelas de conocimiento producidas en laboratorio? ¿La producción de nitrato en la nueva fábrica de Notodden no se debió al hecho de que la usina fue construida de manera de poder recrear las condiciones del laboratorio de Birkeland en el interior de la fábrica? ¿No es cierto, pregunta ella, parafasando a su ídolo francés Bruno Latour, que la fábrica ha sido construida como un gigantesco laboratorio transformado?

Otto la mira, desalentado. ¿Pensaba ella realmente que había sido tan simple instalar la fábrica? Le relata la explosión de cólera de Eyde cuando sus ingenieros y él comenzaron a construir las torres de absorción dentro de las cuales los gases de nitrógeno eran mezclados con agua para hacer el ácido nítrico. Habiendo recibido una estimación muy elevada del costo de parte de los expertos alemanes, Eyde exclamó que durante sus esfuerzos para crear Norsk Hydro, había aprendido mucho a propósito de la obstinación de los expertos. «Yo no habría jamás construido una industria noruega de nitrato si hubiera escuchado todas las opiniones de expertos que he recibido». Otto evocó cómo Eyde había recordado a sus ingenieros que nadie había sido capaz de ayudarlos para el proyecto y la construcción del horno de arco eléctrico. Desde entonces, debieron construir por sí mismos las torres de absorción.

Después de haber escuchado durante toda una tarde las historias de Otto a propósito de una serie de incidentes similares para los cuales las teorías y los laboratorios eran de poca utilidad —y también los incidentes donde los obreros habían tenido que resolver problemas que los ingenieros no podían resolver—, Ruth recordó una cita con su novio y partió. Bebiendo un último vaso de leche descremada, se lamentó entonces que después de esa tarde, se limitaría en el futuro al estudio de la ciencia. Espera continuar su trabajo sobre Birkeland, descontando ya que quizás esto pueda permitirle hacer un hermoso viaje a Egipto, donde Birkeland ha previsto ir para efectuar algunas mediciones geofísicas².

Selección bibliográfica anotada

Astolfi J. P. & Develay M.: *La didactique des sciences*, P.U.F., Paris 1989.

Una pequeña obra de la colección Que sais-je? aborda claramente el tema.

AAAS *Science for All American, project 2061*, American Association for the Advancement of Science, Washington DC, 1989.

Obra colectiva de importancia, de la *American Association for the Advancement of Science*. Esta obra —discutible pero insoslayable— propone un programa de alfabetización científica para todos los americanos.

AAAS Project 2061: *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford Univ. Press, New York, Oxford, 1993.

Continuación de la obra precedente, esta obra propone etapas y contenidos operacionales para poner en práctica la alfabetización científica y técnica para todos. Aquí, otro trabajo de referencia difícilmente soslayable.

Aikenhead Glen: «L'approche S.T.S. et l'apprentissage des sciences: une perspective de recherche», *Courrier du Cethes* n° 16 (especial) pp. 1-40, Namur, 1992.

Una «revista» de las experiencias y de los estudios que se han hecho en el mundo sobre el abordaje CTS.

Champagne Audrey, Lovitts Barbara & Calinger Betty J.: *Scientific Literacy*, AAAS, Washington DC, 1989.

Conjunto de artículos en los que se discuten las elecciones sociales y pedagógicas de *Science for all American* (AAAS).

² Extraído de un artículo de Sørensen y Levold «Tacit Networks, Heterogeneous Engineers, and Embodied Technology», en *Science, Technology & Human Values*, 17, n° 1, 1992, pp. 13-35, traducción de L. Ravez con la amable autorización de los autores.

CAPÍTULO 3

Objetivos operacionales para la A.C.T. e islotes de racionalidad 59

1. Objetivos: autonomía, comunicación, dominio, negociación 61
2. ¿Practicamos nosotros la A.C.T.? 62
3. ¿Qué se necesita para estar científico-técnicamente alfabetizado? 64
 - 3.1 El buen uso de los especialistas 64
 - 3.2 El buen uso de «cajas negras» 65
 - 3.3 El buen uso de modelos simples 67
 - 3.4 El uso y la invención de modelos interdisciplinarios: los islotes de racionalidad 68
 - 3.5 El buen uso de las metáforas o comparaciones 72
 - 3.6 El buen uso de las traducciones 73
 - 3.7 El buen uso de la negociación 74
 - 3.8 El buen uso de la articulación entre saberes y decisiones 75
 - 3.9 El buen uso de los debates técnicos, éticos y políticos 76
4. ¿Cómo no ocultar ni los proyectos ni el sentido? 77
5. Nuestras representaciones de las ciencias y de las tecnologías como obstáculos 79
6. En conclusión, ¿cuál es la formación para una A.C.T.? 79

CAPÍTULO 4

¿Las ciencias se deben enseñar por disciplinas? 83

1. El contexto de la enseñanza por disciplinas 85
2. Una evolución histórica de los caminos científicos y sus bifurcaciones 88
3. Las disciplinas científicas y el pensamiento técnico 90
4. El pensamiento local: los islotes de racionalidad 92
5. ¿Hay una alternativa a la enseñanza disciplinaria? 94
6. Pero, ¿antes de lo «multidisciplinario», lo «disciplinario»? 97
7. Estrategias más prácticas 98

CAPÍTULO 5

Un modelo para un trabajo interdisciplinario 103

(G. Fournier, V. Englebert-Lecompte y Ph. Mathy)

1. El trabajo interdisciplinario: problemática general 106
 - 1.1 Los escollos de la aproximación por temas y de la amalgama 106
 - 1.2 El paradigma del equipo frente a un proyecto 108
 - 1.3 La interdisciplinariedad, una trayectoria pragmática pero también teórica 110
 - 1.4 Referencias metodológicas para una trayectoria concreta 110

2. Las etapas de elaboración de un islote de racionalidad en torno de un proyecto ligado a una técnica o a una herramienta 112
 - 2.1 Hacer un «cliché» de la técnica estudiada 113
 - 2.2 El panorama espontáneo 113
 - 2.3 Consulta de especialistas y de especialidades 117
 - 2.4 Descenso sobre el terreno 117
 - 2.5 Apertura profundizada de una u otra caja negra y descubrimiento de los «principios disciplinarios» que sustentan una tecnología 118
 - 2.6 Esquemmatización global de la tecnología 119
 - 2.7 Abrir ciertas cajas negras sin la ayuda de especialistas 120
 - 2.8 Síntesis del islote de racionalidad producido 121

3. Islote de racionalidad con respecto a una alimentación para conservar «la línea» 121
 - 3.1 El cliché 122
 - 3.2 La elaboración del panorama espontáneo 122
 - 3.3 El aporte de los especialistas y de las especialidades 124
 - 3.4 Descenso sobre el terreno 125
 - 3.5 Apertura por un especialista de una u otra caja negra y descubrimiento de principios disciplinarios en su base 125
 - 3.6 Esquemmatización global de la alimentación 126
 - 3.7 Apertura de ciertas cajas negras sin la ayuda de especialistas 126
 - 3.8 Síntesis del aprendizaje 126

4. Aplicación flexible del modelo sobre los congelados descongelados 126

5. A modo de conclusión 132

- Ejemplo de síntesis de una investigación interdisciplinaria: islote de racionalidad en torno al horro de microondas 135
6. Bibliografía 136

CAPÍTULO 6

¿Una enseñanza tecnológica en el secundario «general»? 139

1. ¿Existe otra cosa diferente del bricolaje bautizado como tecnología? 141
2. Los fines de una educación tecnológica 143
3. Los contenidos de una introducción a las tecnologías 146
 - 3.1 Un proyecto tecnológico 146
 - 3.2 El estudio de grandes desarrollos tecnológicos 148
 - 3.3 Negociar con una tecnología corriente 149
4. Acerca de algunas capacidades que deberían ser enseñadas durante el estudio de las tecnologías 150
- Conclusión 152

CAPÍTULO 7

La iniciación científica en las tradiciones de la enseñanza técnica (por D. Grootaers y F. Tilman)

1. La iniciación técnica rechazada por las tradiciones de la enseñanza general	153
2. Los modelos pedagógicos de la cultura técnica heredados del pasado	156
2.1 El aprendizaje en el cuadro de la producción artesanal: la formación del «compagnon»	158
2.2 La escuela profesional en el siglo XIX: la formación del obrero-artesano, en continuidad con el modelo «compagnonnique»	159
2.3 La escuela industrial en el siglo XIX: la formación del técnico en ruptura con el modelo «compagnonnique»	161
2.4 La enseñanza técnica evoluciona durante el período entre las dos guerras: la formación del obrero especializado	162
Bibliografía de las obras citadas	166

CAPÍTULO 8

Hacia una nueva cultura frente a las técnicas (por F. Tilman)

1. El modelo «práctico-formalizado» del usuario inteligente	169
2. ¿Cuáles son las competencias que debe poseer un usuario inteligente?	172
3. El modelo «informativo-analítico» del ciudadano lúcido	174
4. El modelo «práctico-experimental» del creativo eficaz	178
5. Conclusiones	182
6. Bibliografía	185

CAPÍTULO 9

La ambigua historia de las ciencias en la enseñanza (G. Fourez y Ph. Mathy)

1. Dos miradas sobre la historia de las ciencias, de las cuales una no tiene peso	189
2. ¿Galería de retratos o movimientos de investigación?	192
3. ¿Empirismo y acumulación de hechos, o construcciones y relecturas teóricas?	193
4. Discurso científico y otros discursos sobre el mundo	194
5. ¿Una historia internalista o externalista?	199
6. Posturas éticas	200

CAPÍTULO 10

Percebir la dimensión ideológica de la enseñanza de las ciencias (G. Fourez y Ph. Mathy)

1. La dimensión social de la elección de los programas	205
2. El carácter ideológico de los contenidos de la enseñanza	207
3. Las fases escondidas de un curso	209
4. Los lugares más habituales de la ideología	210
5. Hitos para una ética	213

EN CONCLUSIÓN

Propuestas para un manifiesto

APÉNDICE 1

El bagaje del alfabetizado científico

APÉNDICE 2

Programas de ciencias: ¿cantidad o calidad?

APÉNDICE 3

Criterios para evaluar la articulación entre ciencias, tecnologías y sociedad

APÉNDICE 4

Aproximaciones científicas y tecnológicas: sus diferencias (K. H. Sørensen y N. Levold)

Selección bibliográfica anotada

De Vecchi Gérard & Giordan André: *L'enseignement scientifique: comment faire pour que «ça marche»*, Z éditions, Nice, 1990.

Introducción a la didáctica de las ciencias que pone especialmente en evidencia las representaciones de los alumnos, y la tensión entre ellas y las de los científicos.

Fouré Gérard: *La construction des sciences*, Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 2e. édition, 1992.

Introducción a una epistemología constructivista y a la construcción social de los saberes científicos. Esta obra se centra esencialmente en el objetivo de permitir la superación de las epistemologías empiristas y positivistas para ver cómo las prácticas científicas se insertan en la historia humana.

Fouré Gérard: *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*, Ed. Vie Ouvrière, Bruxelles, 1985.

Obra que pone en evidencia las elecciones sociales e ideológicas de toda enseñanza científica. Indica cómo analizar las ideologías implícitas, aun en los discursos más técnicamente científicos.

Giordan André, Martinand Jean Louis & Raichvarg Daniel: *Années 2000: Enjeux et ressource de la formation et de la culture scientifiques et techniques*, Dires, Paris, 1992.

Actas de jornadas internacionales de Chamomix en 1992. Se encuentran aquí muchas contribuciones relativas a la alfabetización científico técnica.

Johsua S. & Dupin J. J.: *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, P.U.F., Paris, 1993.

Trata el tema mencionado por el título poniendo especialmente el acento en la importancia de la búsqueda de sentido en ciencias. La obra se sitúa en una perspectiva constructivista y tiene en cuenta dimensiones sociales de la enseñanza.

Laroche Marie & Desautels Jacques: *Autour de l'idée de science, itinéraires cognitifs d'étudiants*. De Boeck Université, Bruxelles, 1992.

Obra de Quebec, que revela las dificultades que tienen a menudo los alumnos para abordar las ciencias de una manera constructivista y superar las epistemologías empiristas. Muestra la importancia de una perspectiva constructivista en didáctica de las ciencias.

Layton David: *Technology's Challenge to Science Education*, Open University Press, Buckingham, 1993.

Esta obra profunda y clara está principalmente consagrada a la alfabetización tecnológica y a las razones para diferenciarla de la alfabetización científica. Contribución importante a la clarificación de los objetivos de una enseñanza de las tecnologías.

Reid David J. & Hodson D.: *Science for all*, Cassel, London, 1987.

Obra de pedagogía de las ciencias preocupada por llegar a todos los alumnos, y sobre todo a los menos aptos para una formación científica. Reflexiona especialmente sobre la motivación y la evaluación.

Secretary of State for Education: *Science for ages 5 to 16*, Department of Education, London, 1988.

Programa británico renovado para la enseñanza de las ciencias. Se ha introducido una dimensión de iniciación a las tecnologías y a la interdisciplinariedad. Para leer en relación con las publicaciones de la serie Saits (*Science and Technology in Society*).

Serres Michel & al.: *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989.

Obra colectiva que puede servir de base para el docente de ciencias inquirido por aclarar la manera en la que se sitúan las ciencias en la historia humana. La historia de las ciencias presentada aquí supera de lejos la de los grandes científicos o la de las doctrinas científicas.

The network & bscs: *Getting started in Science: a Blueprint for Elementary School Science Education*, The national center for improving science education, Washington DC, 1989.

Presentación americana de un proyecto para la alfabetización científica en la enseñanza primaria.

Índice

Acerca del porqué y el cómo de la versión castellana de A.C.T.	
<i>Elsa Gómez de Sarria</i>	7

Prefacio	9
----------	---

CAPÍTULO 1	
«Alfabetizar» científica y técnicamente	15
1. Una alfabetización que conviene al mundo	17
2. La crisis de la enseñanza de las ciencias	18
3. Las razones de los movimientos CTS	22
4. La Alfabetización Científico-Técnica según la óptica de la Asociación de Profesores de Ciencias de los Estados Unidos (NSTA)	25

CAPÍTULO 2	
¿Alfabetización científica o tecnológica?	41
1. La diferencia entre ciencias y tecnologías no es una cuestión puramente factual	43
2. ¿Por qué trazar la línea de demarcación en un lugar dado?	44
3. Algunas razones para distinguir A.C. y A. T.	45
4. Las «verdades» de los científicos y de los tecnólogos	46
5. Ciencias y tecnologías, ¿difieren entre sí?	48
6. Intereses que giran alrededor de la distinción entre A.C. y A. T.	49
7. ¿Por qué finalmente distinguir A.C. y A. T.?	55
8. En concreto: un problema institucional	57