

Resulta ya un lugar común señalar las exigencias de conocimientos matemáticos, científicos y tecnológicos que el fin del milenio impone a los individuos. Con estas certidumbres, los contenidos básicos comunes de la reforma educativa han incorporado la necesidad de una alfabetización científico-tecnológica que replantee la enseñanza de las ciencias. Las decisiones que supone este ambicioso proyecto no conciernen sólo a los científicos. La ciencia y la tecnología son productos humanos y en tanto tales implican valores y presupuestos ideológicos que es necesario percibir para evitar caer en concepciones tecnocráticas. ¿Cómo reconocerle a la educación tecnológica su valor sin reducirla a un compendio de recetas? ¿Cómo introducir la interdisciplinariedad con el mismo rigor que la enseñanza disciplinaria tradicional? ¿Cómo abrir el camino para la reflexión ética en el campo de las ciencias y las tecnologías? Gérard Fourez se sitúa en el centro del debate proponiendo orientaciones y soluciones posibles. Analiza la evolución histórica de la relación entre ciencias y tecnologías sintetizando las principales posturas; propone el concepto de *islate de racionalidad* para encarar multidisciplinariamente proyectos particulares en contextos concretos. Desde una perspectiva constructivista, cuestiona los criterios que guían las historias de las ciencias y sintetiza sus bases epistemológicas.

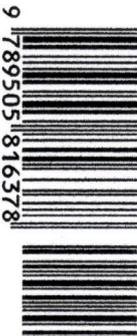
Un exhaustivo ensayo que brinda polémicos elementos para plantearse, desde la educación, el lugar de las ciencias y las tecnologías en nuestra cultura y desarrollo.

Gérard Fourez es Doctor en Física Teórica de la Universidad de Maryland y Licenciado en Filosofía y en Matemáticas de Louvain. Dirige el departamento "Ciencias, Filosofías, Sociedades" de la Universidad de Namur, Bélgica y es profesor regular visitante en los EE.UU. y en Nicaragua. Autor de numerosas obras, entre otras La construcción del conocimiento científico, coordina actualmente el Courier du Cethes.



ISBN 9505816375

9 00000



9 789505 816378

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA GÉRARD FOUREZ

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias

GÉRARD FOUREZ

con la colaboración de
Véronique Englebert-Lecompte,
Dominique Grootaers,
Philippe Mathy y Francis Tilman



COLECCIÓN
NUEVOS CAMINOS

EDICIONES COLHU



Gérard Fourez

con la colaboración de
Veronique Englebert-Lecompte,
Dominique Grootaers,
Philippe Mathy y Francis Tilman

**ALFABETIZACIÓN
CIENTÍFICA Y
TECNOLÓGICA**

ACERCA DE LAS FINALIDADES DE LA
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

EDICIONES COLIHUE



Título original: *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*

© De Boeck-Wesmael s.a. 1994. Bruxelles.

Traducción: **ELISA GÓMEZ DE SARRÍA**

Diseño de tapa: **Jorge Molina**

ISBN.N. 950-581-637-5

© Ediciones Colihue S.R.L.
Av. Díaz Vélez 5125
(1405) Buenos Aires - Argentina

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

IMPRESO EN LA ARGENTINA - PRINTED IN ARGENTINA

Acerca del porqué y el cómo de la versión castellana de A.C.T.

Hace ya casi dos años, buscando material bibliográfico, tuve la buena suerte de que me esperara, en una librería de Ginebra, *Alphabétisation Scientifique et Technique*; el hallazgo fue para mí trascendental: por primera vez encontraba respuestas claras a los interrogantes que surgían de manera recurrente en CIENCIA PARA TODOS acerca del marco teórico en que insertábamos nuestro accionar.

La primera lectura de este libro fue para mí muy rica en cuanto al esclarecimiento de la problemática general que rodea a la enseñanza de las ciencias, pero a la vez despertó en mí muchos nuevos interrogantes que me movieron a conectarme con el autor para conocer el resto de su obra.

Así lo hice, y de la conversación con Gérard Fourez, de mi expresión acerca de la necesidad de que este libro estuviera al alcance de los lectores de habla castellana, y de su sugerencia de que me ocupase yo misma de la traducción, surgieron estas páginas.

No es mi oficio traducir, ni escribir, y por ello solamente traté de lograr, en lo que estuvo a mi alcance, fidelidad al espíritu y a la letra de la obra original.

Debo también decir que no hubiera podido llevar a cabo esta tarea si no hubiera contado con el apoyo solidario de amigos y amigos. Les estoy inmensamente agradecida, y no puedo dejar de mencionar expresamente a Lidia Núñez, que leyó pacientemente una y otra vez y con cariño todo el material, con una constante preocupación por mejorar el estilo y «aggiornar» el lenguaje; a Ana Scotto que además de revisar la traducción

de los primeros capítulos (y de actualizarme como siempre en gramática y en nuevas reglas de ortografía—añadiendo esta vez la francesa—) trabajó días enteros junto con Lidia y conmigo para que esta obra pudiera salir en el plazo fijado, a Patricia Dowling que revisó la traducción de la mayor parte del libro, en una carrera contra el tiempo; a Mónica Longobucco que me aportó sus conocimientos de historia de la biología y a Fabián Campagne por el trabajo que me escribió expresamente sobre el *compagnonnage*, con su rigor de investigador—y me convenció totalmente de que tal término no tiene traducción—; a Alberto Alonso por la lectura de varios capítulos y sus atinadas acotaciones; a Alejandra Zorzenón por compartir a diario el diálogo sobre la marcha de la traducción; a mis compañeras del Consejo Directivo de la Mutual por haber cubierto baches que seguramente dejé en estos meses, enfrascada en la tarea. A Alberto Núñez, que al igual que siempre, aportó sus invalorable conocimientos científico-técnicos y su no menos valioso sentido común.

Al Dr. Gérard Fourez, cuya obra me permitió entever una nueva perspectiva del mundo y de mi quehacer cotidiano, mi más profundo agradecimiento.

Mi reconocimiento, al editor.

Y, por fin, un párrafo para Néstor Sarría que me acompañó y alentó en todas las etapas, desde conseguirme—un domingo a la mañana, hace ya más de un año—la conexión telefónica con el Dr. Fourez, hasta ayudarme a corregir las pruebas de imprenta.

Deseo que para muchos lectores *Alfabetización científica y tecnológica* sea, como lo es para mí, un regalo para el espíritu y para el intelecto.

ELSA GÓMEZ DE SARRÍA

Presidenta de la Asociación Mutual

CIENCIA PARA TODOS,

marzo de 1997

Prefacio

Desde hace algunos años, en las sociedades industrializadas bullen toda suerte de ideas con referencia a la enseñanza de las ciencias. Ideas, por cierto, ¡pero también inquietudes! Ya sea desde un punto de vista cultural (vivir humanamente dentro de nuestro universo científico-técnico), o económico (administrar nuestro entorno tecnológico), surge el interrogante acerca de la educación científica y tecnológica de los pueblos.

De aquí nace la noción de alfabetización científico técnica, que nos transporta a la educación de base para todas y para todos. El principio de una necesidad en esta materia es rara vez cuestionado pero, cuando se trata de pasar a las realizaciones y a las decisiones institucionales, surgen los debates y las controversias. Se hace evidente entonces la presencia de múltiples posturas, ya sean las que surgen desde miradas socio-culturales, hasta los intereses de grupos sociales precisos como, por ejemplo, el de los maestros y los profesores de ciencias.

Debates, a veces controversias, y hasta reformas, están en curso desde hace años en los países anglosajones y en las regiones del norte de Europa. El mundo latino parece menos involucrado. ¿Se trata de la sabiduría de una cultura que no quiere lanzarse a la última moda? ¿Es la lentitud histórica del mundo latino frente a la modernidad científica y sus desafíos? Cualquiera que sea la causa, es hora de que nos pongamos al corriente de las posturas y de las discusiones. Tal es el objetivo de esta obra.

Este libro no pretende cerrar el debate sino introducirlo: es un ensayo y un manifiesto. Plantea cuáles son las finalidades de la enseñanza científica y técnica. Como ensayo, no es neutro sino programático: transmite una posición sobre la importancia a darle a la techno-ciencia en nuestra cultura y en nuestro desarrollo.

La obra comienza por una introducción al conjunto de la problemática, situándola dentro del contexto socio-histórico. Muestra cómo fue enfocada la enseñanza científica en Occidente desde los años cincuenta; pone en evidencia una serie de cuestiones relativas a una alfabetización científico-técnica tales como, entre otras, su relación con el mantenimiento de una democracia eficaz y real. Presenta de manera destacada, con los comentarios críticos, la toma de posición de la Asociación de Profesores de Ciencias de Estados Unidos (N.S.T.A.) en el comienzo de los años ochenta.

El capítulo siguiente aborda el debate entre educación científica y educación técnica. Insiste sobre la evolución histórica del pensamiento científico dividido en dos corrientes, una más «fundamental» y la otra más «orientada hacia proyectos» (para evitar decir «aplicada»). Suscita la cuestión de saber si es necesario distinguir entre las formaciones científica y técnica, y una sola iniciación científico-técnica, tomada globalmente. Más allá de las querrelas a este respecto, diversas filosofías de las ciencias y de las tecnologías se confrontan, al igual que estrategias, que no siempre revelan la totalidad de sus objetivos.

El tercer capítulo proporciona un contenido más detallado a la noción de alfabetización científico-técnica, que hasta allí permanecía con un cierto grado de generalidad. En él se interroga sobre las capacidades y aptitudes ligadas a las prácticas científicas que convendría enseñar a los alumnos. De allí emana la importancia de ciertas competencias demasiado a menudo descuidadas en la formación, tales como: el buen uso de la consulta con especialistas, de los modelos simples, de las metáforas, de las traducciones, de las cajas negras, etc. Allí se presenta también la noción de islote interdisciplinario de racionalidad, que permite modelizar prácticas extremadamente útiles en contextos concretos.

Estas consideraciones nos llevan a examinar el debate relativo a la interdisciplinariedad en los contenidos de la enseñanza. Generalmente se acuerda en atribuir a las disciplinas un papel ineludible en la formación en ciencias y en tecnologías. Pero uno se lamenta también de que, finalmente, los cursos disciplinarios se tornen fácilmente «dogmáticos y, a veces, mortalmente aburridos para los jóvenes. De ahí la pregunta: «¿Hasta qué punto la enseñanza científica debe permanecer fundada sobre las disciplinas tradicionales?» Esta cuestión suscita debates apasionados.

Si se acepta que, por lo menos en ciertas circunstancias, es necesario utilizar varias disciplinas para producir un contenido de enseñanza pertinente en situaciones concretas, la cuestión apunta a la metodología

del trabajo interdisciplinario. Demasiado a menudo los docentes se pierden en aproximaciones finalmente imprecisas para los alumnos y poco rigurosas epistemológicamente.

El capítulo quinto aborda esta cuestión frontalmente. Allí se propone un «modelo» de secuencia que pone en juego muchas disciplinas para resolver problemas concretos o comprender nociones corrientes que, como la de contagio por ejemplo, no se dejan encerrar en un solo cuadro disciplinario. El objetivo de este modelo es posibilitar marchas pedagógicas interdisciplinarias precisas y eficaces. Se insiste allí también en que se evite limitar la interdisciplinariedad a cuestiones de utilidad práctica o a recetas, y que se aborden dimensiones culturales más amplias. El modelo pedagógico presentado está relacionado con la elaboración de un islote de racionalidad alrededor de una técnica o de una herramienta (como una plancha o un horno de microondas), de una cuestión como la alimentación sana, o aun de una interrogación del tipo: «¿Se puede congelar un producto congelado y descongelado?». En este capítulo se examina también cómo los puntos de vista científicos pueden contribuir a tomas de decisiones (técnicas, éticas o políticas) en la vida corriente.

El capítulo seis desarrolla esos temas de manera más práctica y examina cómo encarar los cursos de tecnología en la enseñanza general sin reducirlos a trabajo manual o a un excelente trabajo de aficionado. ¿Qué idea hacerse de las prácticas tecnológicas para reconocer en ellas un pensamiento tanto teórico como práctico? ¿Cómo percibir las dos fases que involucra toda tecnología: aquella vinculada al quehacer práctico y aquella vinculada a la organización social? ¿Cómo poner en práctica toda la complejidad de una marcha demasiado frecuentemente despreciada por cierto humanismo, cuando, tomadas integralmente, las tecnologías serían sin duda más complejas, más formadoras y más «humanas» que las ciencias llamadas fundamentales?

Desde el principio del libro, la cuestión de la enseñanza tecnológica estuvo siempre presente como meta, pero sobre todo en la perspectiva de la enseñanza general. Los capítulos siguientes ubican el problema de la alfabetización científico-técnica en el contexto de la enseñanza técnica o profesional. El séptimo muestra cómo la iniciación técnica, dejada fuera por las secciones «humanistas» nos hace retornar a modelos de aprendizaje donde la organización social de tipo corporativo y la iniciación a los secretos del oficio hacen pensar en estructuras societarias bien diferentes de las de nuestra sociedad programada. El octavo aborda la cuestión de la cultura tecnológica tal como se la considera en la enseñanza técnica.

donde no se está interesado, en principio, por la enseñanza de las ciencias sino más bien por las herramientas y sus usos prácticos. Se trata de ver cómo pueden expresarse elecciones políticas rehusando hacer del trabajador técnico un puro consumidor subordinado, y cómo entrenárselo para ser un usuario inteligente, un ciudadano lúcido y aún un creativo eficaz.

Todo esto en un contexto donde las prácticas técnicas son más valorizadas que los grandes discursos.

Retomando una visión cultural, se ubica la enseñanza de las ciencias y de las tecnologías en su contexto histórico. No es una cuestión sencilla, dado que las prácticas de enseñanza heredadas del siglo XIX se limitan a proponer sistemas científicos aislados de toda dimensión histórica y de todo contexto. O, si algunos docentes se arriesgan a opinar sobre la historia de las ciencias, lo más frecuente es que sólo sea para valorizar ideológicamente a «los grandes científicos». Ahora bien, ni las ciencias ni las tecnologías son «autónomas» con referencia al contexto histórico-social: ellas constituyen, al contrario, respuestas dadas en épocas y contextos particulares a cuestiones puntuales de ese momento. El décimo capítulo se dedica, por lo tanto, a presentar algunas orientaciones para brindar al docente de ciencias una dimensión histórica dentro de una perspectiva humanista.

Por último se considera a la alfabetización científico-técnica bajo otro ángulo: el de la dimensión ideológica que está siempre presente. Ese capítulo muestra cómo las enseñanzas científicas no pueden jamás limitarse a una instrucción neutra. En un curso de ciencias, se aprende también cómo representarse los lazos entre los saberes y la sociedad, y uno está sin cesar confrontado a discursos con una dimensión ideológica. Se tratará de encontrar un método para discernir mejor las ideologías transmitidas implícitamente por nuestras enseñanzas.

En la conclusión, adopto más explícitamente posición y propongo hitos con vistas a la promoción de una enseñanza científica y tecnológica que permita una verdadera aculturación para nuestra época. Quiero para ello introducir un debate con dimensión política (en el sentido más noble de la palabra) sobre algunos objetivos de la sociedad suscitados por la alfabetización científico-técnica.

En el apéndice se encuentran: (a) un resumen de los contenidos propuestos por la *American Association for the Advancement of Science* (A.A.A.S.) como bagaje necesario para estar científica y tecnológicamente alfabetizado; (b) algunas propuestas para programas de cursos

organizados sobre la calidad más que sobre la cantidad; (c) una grilla de análisis para examinar cómo un módulo de enseñanza se sitúa con relación a objetivos sociales; (d) una evocación de la diferencia entre prácticas científicas y tecnológicas.

Varios capítulos de esta obra son adaptaciones de artículos publicados anteriormente a medida que la célula EMSTES (*Enseignement des mathématiques et des sciences, technologies, étiques, sociétés*), del Departamento Ciencias-Filosofías-Sociedades de las Facultades Universitarias de Namur, desarrollaba una concepción sobre la alfabetización científica y tecnológica. La estructura de la obra refleja este camino. En la redacción final, he tratado de que los capítulos puedan ser eventualmente leídos separadamente; pero, del hecho de la eliminación de repeticiones, la lectura separada de ciertos capítulos puede ser más difícil. Sin embargo, los capítulos más prácticos (como el que propone una metodología para la interdisciplinariedad) pueden ser comprendidos independientemente de las consideraciones más teóricas presentadas en otra parte.

Mi agradecimiento a todo el equipo de la célula EMSTES. A los colaboradores que me han ayudado a elaborar el contenido intelectual de esta obra, pero también a M. Meert y C. Gortebecke y M. Schonbrodt, cuyo apoyo logístico permitió este trabajo, lo mismo que a D. Morel, C. de Bueger, Ch. Bomboir, R. Gérard y V. Tonnard que han revisado el manuscrito y sugerido numerosas modificaciones. Mi gratitud también a los participantes del seminario EMSTES y a tantos otros colegas, así como a mis amigos y amigos que dan a mi vida un sabor tal que me permite hallar placer en ocuparme de los debates de sociedad suscitados en esta obra¹.

G. F.

¹ Una parte de las investigaciones que han coadyuvado a la producción de esta obra fueron realizadas en colaboración con las de la *Célula Interfacultaire de Technology Assessment* sostenida por los Servicios de la Programación de la Política Científica (SPS) de Bélgica en el cuadro de la Convención N° 32 de los «Poles d'attraction Interuniversitaires».

«Alfabetizar» científica y técnicamente

Desde hace algunos años, sobre todo en los países anglosajones y en los países del norte de Europa, la expresión alfabetización científica y tecnológica (Scientific and Technological Literacy) está de moda. Se trata de una metáfora que alude a la importancia que ha tenido la alfabetización a fines del siglo pasado; la expresión designa un tipo de saberes, de capacidades o de competencias que, en nuestro mundo técnico-científico, corresponderá a lo que fue la alfabetización en el siglo pasado.

1. Una alfabetización que conviene al mundo

Hace un siglo, tanto la clase obrera como los patronos consideraron importante que el conjunto de la población supiera leer y escribir. Todos encontraban en ello cierta ventaja. Los patronos, a pesar de una reticencia inicial, porque la posesión de esta técnica y de la disciplina ligada a lo escrito les proporcionaba una mano de obra más apta. La clase obrera, porque estimaba que la instrucción era la llave de una cierta emancipación. Así fue como la escuela llegó a ser obligatoria. Durante largo tiempo uno se ha preguntado sobre los efectos de esta «democratización» de la enseñanza. Los obreros, ¿han aprendido a leer y a escribir simplemente para llegar a ser buenos consumidores, lectores de publicaciones o de las instrucciones de sus patronos? ¿O ese saber les ha dado acceso a una emancipación social y cultural? ¿Qué significado otorgar a ese vasto movimiento que condujo a millares de maestros de escuela a propagar — como una suerte de misioneros — hasta las zonas más alejadas, simultáneamente con la alfabetización, los estándares de la civilización industrial? ¿Hay que llorar por la pérdida de las culturas orales y de los tipos de vida en sociedad que les eran propios? ¿O hay que cantar himnos a los progresos de la civilización? Cualquiera sea la forma en que uno responda a tales cuestiones, la alfabetización ha llegado a ser, en la opinión de casi todos, necesaria para la promoción de la dignidad humana en nuestras sociedades llamadas «desarrolladas».

Creo que es ésta la perspectiva en la que es conveniente ubicar la metáfora de la Alfabetización Científico-Tecnológica (A.C.T.). Sin que se sepa exactamente cuál será el contenido que involucrarán esas palabras,

muchos presenten que una cierta A.C.T. es necesaria para la inserción en la sociedad contemporánea. Casi unánimemente se afirma que, sin adquirir cierta familiaridad con las ciencias y las tecnologías, es inútil pretender tener un lugar pleno en el mundo de hoy. Pero esto no impide preguntarse si el precio a pagar no es demasiado alto: ¿la alfabetización científico-técnica no es— y lo es seguramente hasta cierto punto —una bandera para la promoción de la integración en una sociedad de consumo donde todo tiende a ser instrumentalizado? ¿Puede decirse que la A.C.T. promete una cultura¹ digna de ese nombre?

En ciertos medios se habla menos de A.C.T. que del movimiento «Ciencias, Tecnologías y Sociedad» (CTS). A veces la realidad designada es la misma, pero la elección de las palabras aporta matices. CTS trae a la conciencia un problema que no era considerado como tal hace medio siglo: el de los vínculos entre los polos que designa. Mientras que hablar de una A.C.T. (como de la promoción de una cultura científica y tecnológica) no cuestiona el lugar de las ciencias y de las tecnologías en la sociedad, el movimiento CTS lo hace, por lo menos implícitamente.

2. La crisis de la enseñanza de las ciencias

La agitación en torno de la A.C.T. o del movimiento CTS es también una respuesta a cierta crisis: la de la enseñanza de las ciencias. Se admite cada vez más en el mundo industrializado que la enseñanza clásica de las ciencias llegó hoy, si no a un fracaso, por lo menos a una crisis². Es, por ejemplo, el juicio de K. Morgan, en su informe al Foro del Proyecto 2000+

¹ Es interesante ver que, en los documentos de la UNESCO, la expresión inglesa *literacy* (de *scientific and technological literacy*) está traducida como «cultura» y no «alfabetización». ¡Como si, en francés, se hubiera estimado que por sí misma la alfabetización científico-técnica fuera a producir una cultura valdeana!

² Los informes con referencia a esta crisis abundan en el mundo anglosajón. Para un eco bastante elaborado de esta crisis en el mundo francés, ver *Le Monde de l'Éducation*, N° 1778, París, enero 1991. Se dice allí, entre otras cosas, que nuestro sistema de enseñanza produce demasiado pocos ingenieros. Por otra parte, para la enseñanza de las matemáticas, el informe de la comisión belga Danblon se lamenta, por ejemplo, de que no forma bastantes matemáticos para enseñar esta disciplina. Para lo que pasa en Estados Unidos, ver por ejemplo la contribution de L. Raks: «S.T.S., una nueva ética de la formación científica y tecnológica en los Estados Unidos» en G. Fourrez, Ed.: *Construire une éthique de l'enseignement scientifique*, Presses Univ. de Namur, Namur, 1986. Ver también American Association for the Advancement of Science: *Science for all American*, AAAS, Washington, 1989 o,

de UNESCO, que cita estudios mencionando «la falta de pertinencia del modelo de la educación científica clásica para muchos alumnos»³.

La preocupación se manifiesta en diferentes niveles. En principio, como acabamos de ver, a nivel pedagógico: la enseñanza de las ciencias, realizada de manera clásica en las escuelas secundarias, no se desarrolla tan bien como uno quisiera y además se sabe que los alumnos no retienen gran cosa después de algunos años. Y el acceso de una población cada vez más grande a la enseñanza secundaria no ha mejorado casi las cosas. A pesar del trabajo incansable de numerosos docentes, las soluciones no parecen evidentes, tanto más cuando no es posible simplemente agregar nuevos puntos a los programas. Como dice Giordan: «No se puede continuar durante largo tiempo imponiendo programas escolares sobrecargados, con contenidos a veces incoherentes y a menudo irrelevantes con referencia a las necesidades actuales»⁴.

Inmediatamente, la crisis se ubica en el nivel socioeconómico, en la medida en que se nota la penuria creciente de científicos y de ingenieros⁵. Los primeros en dar la alarma fueron los americanos. Es típico a este respecto el informe *A Nation at Risk* producido en los años ochenta, al principio de la administración Reagan. Científicos y educadores, no sospechosos de laxismo intelectual, habían llegado, sorprendiéndose ellos mismos, a preguntarse si la falta de cultura y de alfabetización científica no amenazaría a Occidente⁶. En efecto, si una minoría «pescaba» perfectamente las ciencias, la mayoría de la población se sentía sobrepasada y dejaba a los especialistas el cuidado de velar por todo.

De hecho, la inquietud en cuanto a la formación científica de los jóvenes es anterior. En Occidente, la enseñanza científica alcanza un auge espe-

además Project 2001, AAAS: «Benchmarks for Science Literacy», Oxford Univ. Press, New York, 1993.

³ Kevin Morgan, en *Teacher and leadership education for scientific and technological literacy*, Foro Proyecto 2000+, UNESCO ED-93, Conf. 016, Ref. 1.4. Se pueden encontrar juicios parecidos, dispersos, en los diversos informes de esta reunión de UNESCO, en julio de 1993.

⁴ André Giordan: «Culture scientifique et technologique, régulation de la démocratie et vie quotidienne» in *Enseigner les sciences en l'an 2000*, (coord. G. Fourrez), Presses Universitaires, Namur, 1989, p. 29.

⁵ Cf. *Le monde de l'éducation*, op. cit.

⁶ Cf. el informe a este propósito de G. Holton: *The advancement of Science and its burdens*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1986.

cial en la enseñanza general⁷ hacia el fin de los años cincuenta: frente al desafío que representaba el lanzamiento del Sputnik soviético, los países occidentales desarrollaron una política de educación en ciencias. Esta política se dirigía en primer lugar más hacia objetivos político-económicos que hacia objetivos culturales o sociales. Dentro de esta perspectiva, lo que se visualizaba era la formación de una élite científica y tecnológica capaz de hacer triunfar la investigación americana; este objetivo fue alcanzado. Y lo fue gracias a una política de la educación por la cual los cursos de ciencias y de matemáticas se centraron en las disciplinas particulares y las especializaciones. Se trataba de preparar lo mejor posible a una minoría de jóvenes en las carreras de investigación en ciencias y en tecnologías. Con el mismo espíritu, se crearon concursos y olimpiadas de todo género, de manera de estimular a los jóvenes capaces de realizar, desde la enseñanza secundaria, pequeñas investigaciones especializadas⁸. El sistema de enseñanza se fundó en la especialización. Si los resultados a corto plazo fueron ciertamente positivos, no es tan evidente que haya sido así a mediano y a largo plazo, aún para el empleo de los universitarios. Es así que M. A. Escotel, en un estudio realizado por la UNESCO, escribe: «El riesgo de la profesionalización especializada es muy grande. Este modelo ha sido masivamente utilizado desde la incorporación de los sistemas de producción industrial a los sistemas político-económicos de los años cincuenta y sesenta. El resultado no ha sido particularmente positivo. Jamás en la historia contemporánea ha habido un número tan grande de desocupados universitarios como en la sociedad actual. La desocupación universitaria no debe ser atribuida únicamente al sistema económico-social; es también el producto de la interacción de la evolución de ese sistema con una universidad productora de perfiles profesionales rígidos, pasivos y faltos de apertura»⁹. Y, como hemos visto, esta desocupación no impide que también haya falta de ingenieros y de científicos...

La decisión de favorecer las «ciencias disciplinarias» se aprecia de diferentes maneras en Occidente, particularmente por un llamado a

⁷ Pues, como se verá más adelante, la enseñanza de las ciencias y de las tecnologías ligadas con ellas pertenecen a la tradición propia de la enseñanza técnica desde el siglo XIX.

⁸ Es dentro de esta perspectiva que se pueden también situar movimientos tales como las *Journées scientifiques*.

⁹ Miguel Ángel Escotel: *Tendencias, Misiones y Políticas de la Universidad*, UNESCO, U. C. A., Managua, 1993, pp. 38-39.

especialistas para las funciones de la enseñanza. En un país como Bélgica, por ejemplo, se ve, a partir de los años sesenta, delinear este movimiento. Anteriormente era corriente ver al mismo docente iniciar en diversas disciplinas: para enseñar en el ciclo superior los títulos universitarios requeridos eran muy poco precisos; así, un «licenciado» podía dictar cursos de cualquier disciplina, aún cuando jamás la hubiera estudiado en la universidad. Pero, con los años, la tendencia a la especialización se afirma y se tiende a exigir no solamente científicos para enseñar las ciencias, sino físicos para la física, romañistas para el francés, químicos para la química, etc. La enseñanza secundaria fue cada vez más parecida a la suma de múltiples especialidades; restaba a las familias integrar el todo pero —se entiende— en la medida de sus recursos culturales. Por otra parte el acceso creciente de las masas a la enseñanza contribuyó a reducir la proporción de familias «más cultivadas».

También, dicho de otra manera, las enseñanzas científicas consistían cada vez más en la transmisión de resultados, de conceptos y de doctrinas y, en el mejor de los casos, de métodos que se inculcaban a los alumnos, sin tener en cuenta las circunstancias que habían presidido su elaboración. El estilo de enseñanza científica no era para nada narrativo —es decir inmerso en significaciones humanas—, sino sobre todo dogmático, es decir que presentaba verdades poco contextualizadas.

La reacción no tardó en manifestarse desde el fin de los años sesenta: la enseñanza renovada en Bélgica, la reforma Haby en Francia, etc. Por todas partes, educadores y reformadores dirigen su mirada hacia la importancia de un contacto con una realidad social más global y con las raíces de los alumnos. Sin embargo, en la enseñanza de las ciencias sobre todo, esas orientaciones a menudo no fueron tomadas en cuenta¹⁰. No se trata de que los docentes no hayan tenido entusiasmo y generosidad. Se ha visto a numerosos profesores sumergirse con coraje en tales renovaciones. Pero había un doble obstáculo. Por una parte, los docentes habían sido condicionados para hallar su identidad profesional principalmente gracias a su trabajo disciplinario: algunos se sentían más bien desvalorizados cuando se hablaba de interdisciplinariedad. Y, por otra parte, no se sabía cómo proceder para encarar un trabajo interdisciplinario riguroso y serio: parecían faltar las bases epistemológicas necesarias¹¹.

¹⁰ No eran pocos los profesores de ciencias o de matemática que se jactaban de que las reformas no habían modificado su dictado de la materia.

¹¹ Me parece típica de este problema la evolución de lo que se ha llamado en Bélgica el curso de estudio del medio. Su objetivo principal era enseñar a los alumnos a

Será preciso esperar los años ochenta y el desarrollo de diversas epistemologías empíricas¹² para volver sobre estas cuestiones. Entretanto, se dedicó mucha energía —a veces con discernimiento y clarividencia¹³— pero sin que se llegara, sin embargo, a que el aprendizaje de las ciencias entusiasmará a la masa de los alumnos.

3. Las razones de los movimientos CTS

Este estado de crisis da lugar, aquí y allá, a tentativas de renovar la enseñanza de las ciencias y a relacionar más a éstas con su contexto humano. Tales ensayos se basan muy a menudo en una combinación de varios ejes de valor: el económico-político, el social y el humanista.

El primer eje aún a las razones económicas y políticas. El mundo de los científicos, de los economistas y de los técnicos está de acuerdo en remarcar que, sin una participación del conjunto de la población en las culturas científicas y técnicas, las economías desarrolladas corren el riesgo de tener problemas, mientras que los países en desarrollo tendrán dificultad en «despegar». Es así que «dentro de la toma de posición en la Conferencia de las Naciones Unidas (UNCSTD), el comité para la enseñanza de las ciencias del Consejo Internacional de Sindicatos de Científicos (*International Council of Scientific Unions*) afirma que un desarrollo continuo y a largo plazo no puede ser asegurado si el dinero invertido en las ciencias

analizar su contexto, bajo todos sus aspectos. Lamentablemente la «logística» didáctica no ha continuado. Los profesores «carismáticos» obtienen resultados excelentes con alumnos que adquieren verdaderamente la impresión de poder «utilizar» sus saberes. Pero los otros seguran las consignas de los «carismáticos», que se resuman a menudo en una sola: «Haced observar a los alumnos su medio, globalmente, espontáneamente, sin obligación alguna». El resultado era entonces a menudo desconsolador: los alumnos tenían la impresión de no encontrar más que banalidades y de estar dando vueltas sin sentido. Los «carismáticos» olvidaban decir a sus colegas que, de hecho, ellos proveían de múltiples maneras e inconcientemente, grillas de lectura a sus alumnos; era gracias a ellas que obtenían excelentes resultados. A propósito de esta divergencia entre los discursos y las realidades en el estudio del medio, ver G. Fourez «L'étude du milieu», *Humanités Chrétiennes*, XXXI, n° 2, 1988, pp. 117-129.

¹² Cf. a este respecto: G. Fourez, *La construction des sciences*, Ed. De Boeck Univ., Bruxelles, 1992 (N. de la T.: Publicado en castellano con el título *La construcción del conocimiento científico*, Narcea, S.A. de Ediciones, 1994, Madrid).

¹³ Dentro de esta perspectiva, es necesario hacer notar todo el trabajo hecho durante los veinte últimos años por las corrientes, muy dinámicas, de la didáctica de las

y en las tecnologías no encuentra su correspondencia en los fondos asignados a complementos de programas educativos, dirigidos a la vez hacia la preparación de científicos y tecnólogos y hacia el mejoramiento de la alfabetización científica del conjunto de la población¹⁴. Dentro de esta perspectiva, la alfabetización científico-técnica se liga con los movimientos que, desde el siglo XVIII por lo menos, vinculan instrucción y aumento de las riquezas con el bienestar de las naciones¹⁵.

Hay también a continuación un eje social. Se admite cada vez con mayor frecuencia que sin cultura científica y tecnológica los sistemas democráticos se tornan cada vez más vulnerables a la tecnocracia¹⁶. ¿Cómo, por ejemplo, se puede esperar una política democrática relativa al SIDA o a la droga —lo que implica debates públicos— si la población misma no comprende de qué se trata¹⁷, lo que exige una alfabetización científica técnica? Dentro de esta perspectiva, el objetivo de una A.C.T. es divulgar bastantes conocimientos en la población para que las decisiones de los técnicos puedan ser suficientemente comprendidas y también controladas democráticamente. Se trata de otorgar responsabilidades a la sociedad o,

ciencias. En Francia, especialmente bajo el impulso de Giordan, Souchon, Martinand, Raichvarg, Davelay, Astolfi, Host, Viovy y muchos otros, se ha valorizado la existencia, en los alumnos, de representaciones del mundo anteriores a su formación científica... las cuales resisten a menudo valientemente al punto que, si no se toman en cuenta, subsisten intactas aun después de la formación científica. La didáctica de las ciencias hace entonces progresos enormes estudiando cómo se puede llevar a los alumnos a abandonar sus representaciones anteriores para adoptar las de los científicos. Falta, sin embargo, decir que ese tipo de manipulación, por más necesaria que sea, tiene el riesgo de dejar un déficit en cuanto al sentido, déficit que el movimiento CTS y los docentes baserios en ese contexto van a aplicarse a satisfacer.

¹⁴ Citado por Joseph P. Soliman, en su informe al Foro 2000+ de UNESCO en París (julio 1993) con referencia a «L'alphabétisation scientifique et technologique pour le développement», UNESCO: ED-93/Conf.016/Ref 1.2.

¹⁵ Se podría también decir más directamente que el deseo de alfabetización científico-técnica no tiene más objeto que la formación de una nueva generación capaz de tomar el relevo de la gestión de nuestras grandes maquinarias tecnológicas.

¹⁶ Llamamos tecnocrática a una aproximación que pretende evitar las negociaciones relativas a las tomas de decisión, dejándolas a los técnicos, que actuarán de una manera menos «política» y más «neutra», basándose únicamente en resultados científicos y técnicos. Para una exposición crítica de las ideologías tecnocráticas, Cf. G. Fourez: *La construction des sciences*, Ed. De Boeck Univ., Bruxelles, 1992, pp. 178-90.

¹⁷ A propósito de esta articulación entre lo científico y lo político, ver la pequeña obra de Isabelle Stengers y de O. Rabet: *La drogue, le défi hollandais*, colección: Les EMPÊCHEURS DE PENSER EN ROND, édition des laboratoires Delagrangé, Paris, 1991.

en todo caso, de llegar a una situación en la cual los ciudadanos no experimenten un sentimiento de impotencia tan grande frente a las ciencias y a las tecnologías, y a todo lo vinculado con ellas.

El tercer eje de valores es más humanista. Tiene a que cada ser humano pueda tomar parte en la cultura científico-técnica que es la nuestra, comunicarse con los otros acerca del mundo en el cual vivimos, y mantener con respecto a esto una cierta autonomía, al igual que un placer de vivir. Lo que significa «ser cultivado» en este dominio es difícil de describir. Se puede sin embargo acordar en decir que emerge todo en principio de una dimensión histórica: comprender cómo las ciencias y las tecnologías han nacido dentro de una historia humana de la cual forman parte. Una dimensión epistemológica también: comprender cómo se construyen las ciencias en nuestra sociedad y cómo trabajan los científicos. Una dimensión estética: saber disfrutar de una teoría o de una máquina bien fabricada que se adapte a una situación. Una dimensión corporal: percibir el propio cuerpo en relación con los utensilios como lugar inteligente de nuestra presencia humana. Una dimensión de comunicación: las ciencias y las tecnologías son esencialmente maneras de construir una visión del mundo compartida y comunicable. Todo esto implica también un vínculo con el debate ético, en la medida en que las ciencias nos ofrecen una representación de las posibilidades de nuestro actuar. Este conjunto forma parte de nuestra cultura puesto que las ciencias y las tecnologías son una parte de nuestra representación de nuestra historia.¹⁸

Hay quienes tienen tendencia a negarle una dimensión cultural profunda a la práctica de las ciencias y de las tecnologías, estimando que lo humano apenas cabe allí, por lo menos si se hace la comparación con la historia, las artes y la literatura. Están así en resonancia con nuestra sociedad que ha cultivado una dicotomía entre las ciencias y las letras.¹⁹ De esta dicotomía da testimonio, por otra parte, la formación clásica de los ingenieros de los países latinos: la mayor parte del tiempo tienen, por un lado, una formación humanista a menudo grecolatina, y por otro, una práctica profesional muy técnica, volcada hacia las cosas y la operacionalidad, y sin tomar casi en cuenta lo «humano». En oposición,

¹⁸ Para hablar en las ciencias un placer estético, corporal, de comunicación, etc., es necesaria una cierta formación (tal como para disfrutar de un cuadro de Van Gogh o de una sinfonía de Mozart). Ciertas personas tienen una formación o un condicionamiento social tales que no gozan del placer de una teoría que funciona bien, ni de una herramienta que realice correctamente el trabajo que se le demanda.

¹⁹ Cf. el famoso libro de C. P. Snow: *The two cultures*, New American Library, Nueva York, 1963.

otros estiman que es dentro de una simbiosis entre lo técnico y lo espiritual, entre el cuerpo y el espíritu, entre lo económico y lo social, que se encuentra el porvenir de la humanidad. Estiman que rechazando la dicotomía mencionada se revela «el potencial espiritual de la materia» y que, «dependiendo de cómo uno se libere en ella, el torbellino puede arrastrar hacia las profundidades sombras o elevar hasta el azul de los cielos»²⁰.

Estos debates son difícilmente soslayables desde que se tiene en cuenta la alfabetización científica y técnica. Juegan allí inexorablemente las imágenes que nosotros nos forjamos de nuestra humanidad y, con ellas, de las ciencias y de las técnicas.

4. La Alfabetización Científico-Técnica según la Óptica de la Asociación de Profesores de Ciencias de los Estados Unidos (NSTA)

A modo de concreción de lo que se puede entender por una alfabetización científico-técnica y para detallar las posturas de la sociedad con relación a este tema se puede considerar la manera en que, hace ya algunos años, la National Science Teacher Association de los Estados Unidos (la Asociación de Profesores de Ciencias) expuso lo que entendía por A.C.T. en una declaración relativa a la educación científica para los años 80²¹. (El texto presentará en itálica los diversos criterios propuestos por la NSTA, con los comentarios—eventualmente críticos—en caracteres normales).

Una persona alfabetizada científica y técnicamente es capaz de:
✓ *utilizar conceptos científicos e integrar valores y saberes para adoptar decisiones responsables en la vida corriente.*

Muchos jóvenes, al salir de la escuela secundaria, han establecido una frontera entre sus conocimientos científicos y las decisiones que toman (ya sea en su vida privada—para protegerse de un contagio, por ejemplo—, o en su condición de ciudadanos, si se trata de participar en el

²⁰ En «La puissance spirituelle de la matière» de P. Teilhard de Chardin en *Hymne de l'Univers*, Seuil, París, 1961, p. 64.

²¹ Para comprender el contexto de esta declaración CFL. Walks, «S.T.S. una nueva ética de la formación científica y tecnológica en los Estados Unidos», en G. Fourez (ed.) *Construire une éthique de l'enseignement scientifique*, Presses Universitaires de Namur, Namur, 1986, pp. 179-196.

debate sobre las medidas tendientes a controlar la epidemia de SIDA). Este objetivo centra la cuestión en cómo se puede educar a los jóvenes para articular decisiones éticas o políticas, sin por ello confundir unas con otras. Este objetivo no es atendido habitualmente, pues muchos aceptan sin más las «recetas que indican cómo actuar» mientras que sus conocimientos científicos les permitirían realizar un análisis más crítico de las consecuencias de sus decisiones. Esta propuesta considera, pues, como inaceptable enseñar las ciencias de manera tan exclusivamente teórica que ellas queden desvinculadas de la posibilidad de realizaciones en la vida cotidiana.

✓ *comprender que la sociedad ejerce un control sobre las ciencias y las tecnologías, y asimismo que las ciencias y las tecnologías imprimen su sello a la sociedad.*

Este objetivo está enfocado hacia una percepción que consideraría a las ciencias y las tecnologías como puros procesos intelectuales y no como un fenómeno histórico social. Muy a menudo, los ciudadanos reconocen fácilmente que las ciencias y las tecnologías producen impactos sociales, sin percibir que la recíproca también es cierta: las ciencias y las tecnologías son un producto de las sociedades y las reflejan. Remarcamos la ambigüedad de la expresión «la sociedad»: detrás de ella están los poderes de grupos variados que controlan la sociedad, a los que habría que analizar.

✓ *comprender que la sociedad ejerce un control sobre las ciencias y las tecnologías por la vía de las subvenciones que les otorga.*

Por si la afirmación precedente no fuera bastante clara, añadimos que en ella se destaca que el control no es solamente cultural (lo que es fácilmente aceptado), sino que alcanza hasta el funcionamiento económico. El Estado por una parte, y la sociedad civil por otra (y de manera destacada las industrias), subsidian las investigaciones, y de ese modo las controlan y las dirigen. Esto es cierto con referencia a las tecnologías (lo que muchos aceptan fácilmente), pero también para las ciencias (que algunos tenderían a situar en un «status» más noble y menos marcado por las necesidades económicas). Esta propuesta tiene su ambigüedad: puede ser considerada tanto como una suerte de llamado de la comunidad científica para que el Estado o la sociedad civil realicen una política científica a su favor, o bien como un llamado a la responsabilidad política

y social de los ciudadanos para «controlar» los desarrollos científicos y tecnológicos, al igual que a la comunidad de los investigadores.

✓ *reconocer tanto los límites como la utilidad de las ciencias y las tecnologías en el progreso del bienestar humano*

Frente a movimientos anti-ciencias, se afirma aquí el valor de los desarrollos científicos y tecnológicos. Poca gente, en efecto, quisiera volver, desde un punto de vista cultural, a una visión precientífica del mundo y de su historia. Pocos también quisieran volver a una sociedad donde no se gozara de los aportes de las tecnologías y del alivio que representan para la humanidad. El desarrollo de las ciencias y de las tecnologías forma parte de un movimiento de emancipación de la humanidad, a propósito del cual generalmente no se desea dar marcha atrás.

Sin embargo, frente a ciertas ideologías del progreso, la propuesta quiere también tener en cuenta los límites de las tecnologías. En principio, los enfoques científicos, cuando uno se encierra en ellos, pueden a veces, en el plano cultural, alentar actitudes y espíritus limitados. Se puede considerar a las ciencias de una manera tan dogmática como se han presentado, no hace mucho, dogmas culturales o religiosos. Los «misioneros de las ciencias» han carecido a veces de sentido antropológico tanto como otros misioneros, y han contribuido a destruir tesoros culturales de la humanidad. Un cientificismo positivista y triunfante no es necesariamente un factor de progreso.

Por lo tanto, en el plano social, las ciencias y las tecnologías pueden ser tanto factor de opresión como de emancipación. En las relaciones internacionales, han sido utilizadas por los colonizadores y los imperialismos económicos para dominar y crear una división del trabajo en detrimento del tercer mundo²². En los países industrializados, las tecnologías no han solamente mejorado las condiciones de trabajo: han servido también para controlar el mundo obrero y continuán haciéndolo. A nivel individual, las tecnologías crean a veces una dependencia de los expertos que ha hecho perder el sentido del dominio de la propia vida, que los artesanos poseían.

La propuesta invita, pues, a la formación de un espíritu crítico en los alumnos que evite un optimismo beato y al mismo tiempo aprecie las contribuciones evidentes de las tecnologías para nuestras sociedades.

²² Cf. desde este punto de vista Ch. Morazé: *Les sciences et les facteurs d'inégalité*, Paris, UNESCO, 1979.

Esta conciencia tanto de los aportes como de los límites de una producción socio-cultural puede ser particularmente deseable dentro de una sociedad donde muchos —aún los menos jóvenes— preferirían un mundo en blanco y negro, en el cual la afirmación de certezas encubriría los matices y la necesidad de tomar posición en la ambigüedad.

A propósito de la conciencia de los límites de las techno-ciencias, es necesario mencionar que no son más que una de las formas de los saberes humanos: existen numerosos saberes que no se practican según las normas de las tradiciones científicas y que tienen un valor a veces evidente. Notemos, por ejemplo, el conocimiento que puede uno tener acerca de un amigo, o los conocimientos estéticos, morales o religiosos. Lo mismo que saberes más artesanales, los de los marinos, los obreros, los campesinos, incluso los de ciertos sanadores, etc. Sería insensato descartarlos aunque ellos no revelen de manera manifiesta tradiciones particulares que nosotros hoy llamamos ciencias o tecnologías.

✓ conocer las principales conceptos, hipótesis y teorías científicas, y ser capaz de aplicarlos.

Esta propuesta es imprecisa y puede dar lugar a numerosos debates. En efecto: ¿cuáles son los principales conceptos, hipótesis y teorías científicas? ¿Qué significa conocerlos? ¿Qué quiere decir ser capaz de aplicarlos?

Esta propuesta amalgama un objetivo cultural y un objetivo práctico. En principio, alguien que no sepa qué es un electrón o la evolución, o que no tenga cierta idea de lo que es un átomo, una estrella, etc. difícilmente pueda ser considerado como plenamente integrado a nuestra cultura. Una cierta comprensión de nociones de ese género es, pues, importante, dado su impacto sobre nuestra visión del mundo. Y lo son, además, otros conceptos científicos —o los mismos, vistos desde otro ángulo— como la representación de la electricidad como corriente, cuyo valor deriva, sobre todo, de su importancia en la práctica. Queda por decir que sin el conocimiento directo de cierto número de representaciones científicas y técnicas que nos vienen del pasado, es generalmente imposible desenvolverse en nuestro mundo técnico-científico: ¿cómo, por ejemplo, vivir en nuestra sociedad sin saber que es un microbio, o sin alguna noción de electricidad, o sin saber cómo hacer funcionar una radio?

Ciertos grupos, como el equipo del PROJECT 2061 de la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), han intentado presentar un relevamiento de las nociones que estimaban indispensables para la

alfabetización científico-técnica; damos de ellas una relación detallada en el apéndice²³. Se puede discutir el valor de tal relevamiento, pero el mismo tiene la ventaja de aportar un cuadro para un debate al cual no puede escapar ningún equipo que quiera producir un currículum de formación en estos dominios. De ese trabajo surge que una A.C.T. que se limitara a la enseñanza de capacidades sería demasiado restringida. Es necesario también elegir —siempre un poco convencional y arbitrariamente, pero no sin razón—, los contenidos que serán enseñados. Hay que tener también en cuenta las razones sociales vinculadas a las instituciones escolares —en particular para poder pasar de una clase o de una escuela a otra—, para lo cual hay que tener programas de enseñanza estandarizados.

Queda, con todo, una inquietud: «¿Nuestros programas se centran en las posibilidades que les abren a los alumnos, o sobre todo en lo que la comunidad científica considera importante para sí misma?».

Importa sin embargo permanecer crítico en cuanto a la significación de listas de ese género y tomar distancia frente a una visión demasiado lineal de los «prerrequisitos» de la alfabetización científica y técnica. Como en la mayoría de los casos, cuando se habla de prerrequisitos, este término no debe ser tomado en sentido estricto, pues, en general, ninguna noción particular es absolutamente necesaria para un resultado preciso, sea o no pedagógico; a menudo es posible alcanzar un resultado de numerosas maneras y sin el conocimiento de una determinada noción uno se puede desenvolver²⁴. Así, es posible tener una muy honesta comprensión de las representaciones científicas y técnicas de nuestra cultura sin conocer prácticamente nada, por ejemplo, del funcionamiento energético de las estrellas o aún de la teoría celular en biología. Lo que debe enfocarse en la alfabetización científico-técnica, no es, pues, una serie de conocimientos particulares precisos, sino más bien un conjunto global que permita orientarse en nuestro universo. Se podría comparar ese proceso al del aprendizaje de un procesador de texto: para poder utilizarlo es necesario conocer lo suficiente acerca de él para llegar a hacer más o menos lo que se quiere, sin que se pueda definir un conocimiento preciso que sea

²³ Cf. también PROJECT 2001. Benchmarks, op. cit.

²⁴ Una manera de comprender que, en general, ningún prerrequisito preciso es necesario para obtener un resultado es referirse a la noción de «percolación» en la teoría de los caos. Se dice allí que para que ciertos fenómenos tengan lugar, es necesario que, estadísticamente, ciertas condiciones estén presentes, sin que alguna, tomada particularmente, sea necesaria. Notemos que esta noción es de buen sentido... Lo que se olvida a menudo a causa de un condicionamiento a maneras bastante mecánicas de considerar la causalidad.

estrictamente indispensable²⁵ (igualmente ocurre cuando, a falta de una noción precisa, se puede a menudo salir del apuro si uno está suficientemente familiarizado con el procesador).

La propuesta de la NSTA agrega al objetivo presentado la capacidad de aplicar esas nociones. Sin duda, aquí es necesario volver sobre la doble significación de esta aplicación. Puede tratarse de una utilización instrumental (y esto es necesario para que se pueda hablar de un conocimiento científico efectivo, que implica generalmente una dimensión experimental o por lo menos de test). Pero puede dirigirse también hacia una «aplicación» cultural: comprender los orígenes de la vida según las teorías de la evolución no implica nada de muy «práctico», pero ésta no tendrá sentido si no se es capaz de captar las implicaciones, al igual que los límites, del modelo utilizado²⁶.

✓ *apreciar las ciencias y las tecnologías por la estimulación intelectual que suscitan.*

Aquí también el objetivo propuesto pretende sobrepasar la pura instrumentalidad de las ciencias o de las tecnologías. Hay un placer intelectual en hacer frente a un desafío científico o técnico. Haría falta, sin duda, agregar: un placer estético. Es el placer de sentir una convivencia entre nuestra inteligencia, nuestro cuerpo, así como sus expresiones individuales y sociales, y el mundo entero, en su globalidad. Nos hará falta, sin embargo, volver sobre la ambigüedad de este género de placer intelectual.

✓ *comprender que la producción de saberes científicos depende a la vez de procesos de investigación y de concepciones teóricas.*

La A.C.T. concierne más que al conocimiento, o igualmente, a la aplicación de resultados científicos y tecnológicos. Pretende promover una toma de conciencia de las ciencias y de las tecnologías como fenómenos de la sociedad y de la historia. La producción de saberes científicos no es un proceso puramente teórico, ni siquiera teórico-experimental: ella pone en juego seres humanos concretos, ubicados dentro de

²⁵ Aún si, en la práctica, se puede considerar que ciertos conocimientos son, en lo concreto, difíciles de sostener. Y que, dentro de un enfoque pedagógico, un instructor podría encontrarlos indispensables.

²⁶ Es a veces sorprendente ver cómo la descripción de los objetivos de un curso de ciencia se estanca en tales dimensiones culturales, como si lo esencial fuera siempre llegar a un esquema de verificación experimental clásico, en el laboratorio.

instituciones, en una cultura y en una historia. Así, los «métodos científicos» implican, más allá de los conceptos teóricos, la puesta a punto de equipos de trabajo, la movilización de recursos humanos y económicos, un capital humano y social, así como una gestión de todo esto —a menudo en el medio de numerosos conflictos.

La propuesta sugiere, pues, que no serían alfabetizados los que no tuvieran conciencia de esas estructuras sociales necesarias al desarrollo de las tecnociencias.

Uno puede preguntarse si el proyecto de la NSTA se queda un poco corto sobre ese punto. ¿No habría que traer a la memoria más explícitamente un conocimiento de la historia de las ciencias y de las tecnologías en nuestras sociedades, lo mismo que una comprensión de los procesos sociales necesarios para los desarrollos científico-técnicos? ¿La A.C.T. no debe apuntar hacia una comprensión de la forma en que los humanos negocian con su medio a través de las ciencias y las tecnologías? Dicho de otra manera, no se estará alfabetizado en ciencia y tecnología si no se comprende gran cosa sobre epistemología y socio-epistemología.

✓ *saber reconocer la diferencia entre resultados científicos y opiniones personales.*

Esta distinción es una de las bases de una cultura científica y aparentemente no requiere casi comentarios. Sería necesario sin embargo evitar el interpretar que hay, por una parte, opiniones personales, necesariamente subjetivas, y por otra, verdades totalmente objetivas que presentarían las ciencias. Los resultados científicos son más bien los modelos corrientemente admitidos por la comunidad científica y estabilizados en su seno; tienen, pues, un aspecto socio-histórico. No se trata de verdades absolutas sino de aquellas que una comunidad específica se ha construido. Hay una educación a realizar: tornar a conscientes de la relatividad de las producciones (provenientes de comunidades precisas e históricamente situadas) sin por ello hundirse en un relativismo desencantado; enseñarles a distinguir entre las relativizaciones necesarias y el relativismo como ideología²⁷.

✓ *reconocer el origen de la ciencia y comprender que el saber científico es provisorio y sujeto al cambio según el grado de acumulación de los resultados.*

²⁷ Es decir la actitud que considera que todo es equivalente.

La propuesta que precede resume un credo frecuentemente aceptado dentro del mundo científico. Este subraya frecuentemente el carácter provisorio y siempre revisable de sus saberes. Por otra parte, desde el siglo XVIII, a menudo ha cosechado su gloria por diferenciarse de este modo de saberes más dogmáticos.

La propuesta, tal como está presentada por la NSTA, no tiene falta de ambigüedad. Especificando que es «según el grado de la acumulación de los resultados» que los cambios se hacen, se refiere implícitamente a una visión positivista, según la cual se trata de un progreso relativamente lineal, provocado por una acumulación de elementos empíricos. Esos últimos juegan un rol evidente, pero los historiadores aceptan hoy corrientemente que las modificaciones de los saberes científicos provienen también de otras fuentes, como de la inventiva teórica, por una parte, y de la modificación de puntos de vista y de intereses²⁴, por otra. Las ciencias están sujetas al cambio, tanto por sus interacciones con una historia humana y social como por sus correspondencias con el mundo de las cosas. Para una alfabetización científica y tecnológica, los docentes deberían mostrar a los alumnos cómo juegan estas interacciones. Así, la creencia en la evolución biológica no puede ser atribuida simplemente (como lo pretende una historia simplificada del darwinismo) a la acumulación de hechos: es necesario también relacionarla con una profunda modificación cultural de nuestra sociedad, que comienza en el siglo XIX a tomar en cuenta la historicidad de todo (perspectiva a la cual ha, por otra parte, contribuido). «Reconocer el origen de las ciencias», como lo propone la NSTA, implica también todo esto.

✓ *comprender las aplicaciones de las tecnologías y las decisiones implicadas en su utilización.*

Esta propuesta puede ser entendida de una manera restringida o amplia. De una manera restringida, se referirá a una simple comprensión instrumental. Se tratará, por ejemplo, de comprender cómo funciona una computadora, un teléfono, o un automóvil, y de captar en qué momento es necesario tomar una decisión cuando uno los utiliza. De una manera

²⁴ Cf. por ejemplo W. Ostwald, hablando de la química de la primera parte del siglo XIX: «Aun dentro de las nuevas ramas, uno se ocupaba sobre todo en preparar cuerpos... Nadie tenía interés en estudiar de manera profunda los malos métodos, que no producían productos puros» en *L'évolution d'une science. La chimie*, (1906), trad. fr., Flammarion, Paris, 1909, p. 211, citado por B. Bensuade-Vincent & I. Stengers, *L'histoire de la chimie. La découverte*, Paris, 1992, p. 100.

más amplia, se trata de comprender cómo un sistema tecnológico engendra siempre una organización de la sociedad (cómo, por ejemplo, el sistema de diques de Holanda o una red telefónica implican una organización social adoptada, a menudo inconscientemente, durante la construcción tecnológica). Dentro de esta perspectiva, una persona alfabetizada científica y tecnológicamente no se contentará con sacar provecho de una técnica o de un resultado científico, sino que habrá aprendido que una tecnología es siempre en mayor o menor grado un sistema en el cual uno se inserta, más que una herramienta que uno utiliza. Por añadidura, superando el rol de consumidor o de usuario pasivo, habrá, como explicaremos más tarde, aprendido a negociar con las tecnologías en las cuales se inscribe.

Si se elige esta perspectiva más amplia, la A.C.T. es más que el aprendizaje de recetas o aún de comportamientos inteligentes frente a lo científico-técnico: ella implica una visión crítica y humanista del modo en el cual las tecnologías (y asimismo las tecnologías intelectuales que son las ciencias) dan forma a nuestra manera de pensar, de organizarnos y de actuar.

✓ *poseer suficiente saber y experiencia como para apreciar el valor de la investigación y del desarrollo tecnológico.*

Esta propuesta lleva consigo una ambigüedad. Según una primera lectura, nos remite a un objetivo cultural y humanista: nos invitaría a conocer lo suficiente de ciencias y de tecnologías como para poder apreciarlas. Este objetivo es sin duda loable. Existe, sin embargo, otra manera de ver esta invitación: la misma tendería a que los pueblos apreciaran suficientemente las ciencias y tecnologías como para apoyar políticas que las favorezcan. Un lector crítico puede, pues, preguntarse si esta propuesta apunta en principio al bienestar cultural de las poblaciones o a los intereses de las comunidades científicas. Los dos enfoques no son contradictorios, pero, ¿una alfabetización científica y tecnológica verdaderamente crítica no debería ayudar a reconocer que, sobre todo en una sociedad proclive a la publicidad como la nuestra, la promoción del valor de las investigaciones no obedece más que a intereses culturales (aún cuando éstos sean considerables)? Los *lobbies* de las comunidades científicas y técnicas, y a veces de los grupos industriales y económicos que los utilizan existen, y sus intereses no coinciden siempre con los intereses de otros grupos sociales.

✓ *extraer de su formación científica una visión del mundo más rica e interesante.*

El enfoque cultural de esta proposición de la NSTA es claro. Yo quisiera, sin embargo, formular dos comentarios. El primero es que ese resultado no es evidente por sí mismo: hay gentes que no extraen de su formación científica una visión del mundo más rica e interesante. Ciertos jóvenes, frente a una sociedad que los sobrepasa y a menudo les produce miedo (¡se los comprende!), buscan, frente a la complejidad de la existencia, un refugio dentro del universo de las ciencias y de las técnicas, donde todo parece más claro. Es de notar que no buscan en las ciencias más que una razón instrumental y una cierta dominación sobre las cosas. Pero es tal vez también el caso de los jóvenes (y los menos jóvenes) que pretenden buscar en las ciencias una dimensión intelectual y cultural. Es ésta una manera de apasionarse por las ciencias que no implica necesariamente un enriquecimiento: que uno sueñe con el comportamiento repetitivo de conocer todos los nombres de los dinosaurios... o también de comprender los mecanismos complejos de la física cuántica. Para que las ciencias enriquezcan una visión del mundo, es necesario que sean estudiadas en relación con los proyectos humanos que han contribuido a su elaboración. Sin duda, en una sociedad donde demasiados jóvenes no se interesan por nada, es bueno que se apasionen por cualquier cosa, aunque se trate de coleccionar guijarros. No importa qué interés puede en efecto ser un punto de partida para una apertura mayor. Sin embargo, importa pensar en una educación que se preocupe por promover el interés en el funcionamiento de las cosas, o en la belleza de los desarrollos teóricos: una educación centrada en una inserción más amplia en la historia humana.

En este cuadro, una didáctica de las ciencias que tenga como único objetivo «aprobar las ciencias» será francamente demasiado estrecha. Hay una diferencia entre, por una parte, lo que Oppenheimer criticaba como «el gozo científico», por el cual se quiere siempre más conocimientos o modelos operacionales, y la entrada a un mundo histórico y humano de conocimientos y de acciones. La primera actitud conduce a situarse en un mundo de objetos y de teorías, mientras que la segunda nos sitúa en un mundo de sujetos —en el cual hay lugar para el amor y la solidaridad. Los educadores científicos tienen que prestar atención a esos jóvenes —y a esos menos jóvenes— para los cuales la pasión por el mundo de las ciencias y de los conceptos tiene el riesgo de enmascarar el miedo de situarse en el mundo de la historia con todas sus tensiones y sus conflictos: en ciertos casos, el universo de las ciencias es una huida frente al compromiso humano²⁹.

²⁹ Ciertos estudios (v. g.: Holton, G.: *The Scientific Imagination*, Cambridge University Press, Cambridge, 1978) tienen, por otra parte, mostrado que ciertos jóvenes

Mi segundo comentario acerca de esta propuesta es relativo a la omisión de una referencia a la formación tecnológica en la elaboración de una visión del mundo más rica e interesante. Ahora bien, la comprensión de una tecnología, sobre todo con todas las negociaciones humanas que implica, puede ser por lo menos tan humanizante y apasionante como la comprensión de un modelo científico. La omisión de una mención a este universo tecnológico puede conducir a plantearse interrogantes sobre el objetivo de quienes han formulado esta propuesta. ¿A qué visión (¿abstracta?) de las ciencias se refirieron implícitamente? ¿No estaban influidos por una representación de las tecnologías que descuidaba sus dimensiones teóricas? O, más aún, por una ideología según la cual cuanto más se aleje del cuerpo una práctica, más vinculada estará con el enriquecimiento humano?

✓ *Conocer las fuentes válidas de información científica y tecnológica y recurrir a ellas cuando hay que tomar decisiones.*

Este objetivo es triple. Existe en principio el conocimiento práctico de las fuentes de información útiles cuando se tiene un problema: libros, especialistas, enciclopedia, etc. A continuación, se trata de ser capaz de servirse de ellas: es un saber que no resulta evidente por sí mismo e implica ejercicios prácticos por los cuales, frente a un proyecto determinado, uno aprende el arte de seleccionar las informaciones útiles y descartar aquellas en las cuales hay riesgo de perderse. En fin, todo esto no sirve para gran cosa si el alumno no ha adquirido el hábito de valerse de tales recursos cada vez que se encuentre frente a decisiones a adoptar. Se trata de un reflejo a adquirir, que debería manifestarse frente a una situación en la cual es necesario decidir: el de preguntarse cuáles sectores del saber podrían aclarar la decisión (ya sea técnica, ética o política), y de buscar los conocimientos pertinentes en esos dominios.

elegerían una carrera científica para evitar la ambigüedad de lo que es humano. El testimonio de Pierre Teilhard de Chardin es interesante a este respecto. Cuenta —cómo, cuando era joven, la dureza de las piedras lo apasionaba, al punto de despertar su vocación de geólogo. Mas tarde, ya más maduro, comenzó a estimar que un corazón humano era mucho más rico en su vulnerabilidad que las piedras, y también que los sistemas teóricos apasionantes de la geología. Se podría también reflexionar sobre la manera en que los condicionamientos sociales y psicológicos pueden a veces ser determinantes de una «vocación» científica, sobre todo cuando ésta conduce a desinteresarse por la existencia concreta de los humanos. Todas las «pasiones» por las ciencias no tienen el mismo sentido, y se puede debatir acerca de sus significaciones humanas y éticas.

Terminando este comentario, yo formularía una observación sobre el poco espacio otorgado a la historia, en esta visión. Sin embargo, uno puede dudar de que una persona sea alfabetizada científico-técnicamente si no es capaz de ser consciente de la página de la historia humana escrita a través de la producción de las ciencias y las tecnologías. Y no se trataría solamente de tener una visión internalista, como la leen a menudo los científicos³⁶ (el relato de la gran saga de los desarrollos científicos y técnicos), sino de entrar en una visión más amplia, tomando en cuenta todas las dimensiones (particularmente culturales, económicas y sociales) de la construcción de las tecnociencias. Es por esto que yo agregaría el objetivo siguiente:

✓ tener una cierta comprensión de la manera en que las ciencias y las tecnologías fueron producidas en la historia.

En conclusión, el problema de sociedad planteado por la alfabetización científica y tecnológica, lo mismo que por los movimientos Ciencia, Tecnología y Sociedad, nos deja con una multitud de interrogantes y desafíos. Por no citar más que algunos de ellos, en desorden:

1. ¿Qué objetivos (pedagógicos y sociales) dar a la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias?
2. ¿Qué equilibrio encontrar, en la enseñanza científica, entre los modelos teóricos que son impuestos por las comunidades científicas (los modelos disciplinarios) y los modelos (forzosamente pragmáticos e interdisciplinarios) que uno se crea frente a situaciones particulares?

³⁶ Se distingue a menudo en historia de las ciencias un punto de vista internalista y un punto de vista externalista. El primero ve la historia de las ciencias como la del desarrollo de disciplinas hasta su realización actual. Es generalmente la historia de los vencedores en los debates científicos, ella es a menudo escrita por los vencedores o por sus admiradores, o por aquellos que prefieren no mezclar las ciencias con los contextos que estiman «menos puros». Una historia externalista examina cómo los desarrollos de la sociedad pueden explicar los «progresos» científicos. Se acuerda generalmente en afirmar que las dos perspectivas se complementan y que es necesario agregar también, para ser más completo, una historia escrita desde la perspectiva de los vencidos en las controversias.

3. ¿Hasta qué punto hay que conservar la división actual entre cursos de ciencias y cursos de tecnologías? Más precisamente aún ¿qué lugar otorgar al componente teórico de los cursos de tecnologías, y qué lugar dar en la enseñanza al estudio de las tecnologías?

4. ¿Qué espacio se puede crear para una formación en la utilización de saberes científicos en los procesos de decisiones humanas? ¿Hasta qué punto hay que mantener una división estanca entre cursos de ciencia y de ética? ¿Cómo enseñar a los alumnos a articular el análisis científico de los proyectos humanos, de las decisiones éticas y de las decisiones sociopolíticas?

5. ¿Qué espacio otorgar a la historia de las matemáticas, de las ciencias y de las tecnologías, en los cursos de ciencias? ¿Y en los cursos de historia? ¿Qué espacio otorgar a la historia internalista y a la historia más global?

6. ¿Cómo proyectar una formación inicial y continua de los docentes para que hallen la forma de hacer frente a todas estas cuestiones? ¿De qué cursos de ciencias humanas, además de la formación en su disciplina propia o en pedagogía, tendrían necesidad en su formación universitaria o en su formación en las escuelas normales? ¿Qué formación deberían tener en epistemología (y en qué tipo de epistemología)? ¿Y en historia? ¿Cómo enseñarles la manera de dirigir rigurosamente un debate ético (o un debate político) articulando en él los datos científicos?

7. ¿Es una buena idea formar profesores de ciencias que en la práctica nunca hayan tenido contacto con el mundo tecnológico o con el mundo económico?

8. ¿Cómo formar a los jóvenes en el «buen uso» de los especialistas y de los expertos? ¿Cómo enseñarles a distinguir entre el aporte necesario de los especialistas en las tomas de decisión, y ciertos abusos de saber ligados a sus dicciámenes? ¿Cómo formar a las poblaciones para participar en las decisiones científicas y técnicas?

9. ¿Cómo explicar el fenómeno social de la disminución del número de estudiantes en ciencias y en ingeniería (y la aparición de la desocupación, aún en las profesiones ligadas a esas dos disciplinas)? ¿Cómo explicar que los jóvenes se dirigen más hacia las ciencias económicas o jurídicas que hacia las disciplinas de las Facultades de Ciencias o de Ingeniería?

10. Cuando se habla de alfabetización científica y tecnológica, ¿se mira hacia una integración de los jóvenes a nuestro mundo industrial y económico, o hacia su autonomía? ¿O a qué combinación de esos dos objetivos?

11. ¿Qué grupos sociales favorecen los movimientos «Ciencias-Tecnologías - Sociedades»? ¿La insistencia sobre la ligadura con las tecnologías significa finalmente una mayor adhesión al mundo de la economía y de la industria? ¿Cuáles son los «efectos perversos» (en el sentido utilizado por los economistas) que amenazan con acompañar a los movimientos CTS?

12. En la medida en que las ciencias y las tecnologías parecen hoy desafíos menos importantes que los de la gestión del cuerpo social, ¿se puede continuar enseñándolas sin establecer un vínculo con las posturas epistemológicas y sociales que ellas provocan?

13. La insistencia sobre las tecnologías, ¿se hace únicamente desde la óptica de aumentar las capacidades de producción industrial o también desde la óptica de los usuarios capaces de decidir mejor de qué manera van a utilizar las técnicas?

14. ¿Cómo, en los cursos de ciencias o de tecnologías, poner el acento sobre la apertura a la imaginación y a la capacidad de inventar? ¿Qué riesgos, al contrario, hay en los cursos de tecnología o de ciencias, de encerrar la creatividad dentro de «disciplinas» que crean sujeciones?

15. ¿Cómo interpretar la aparición de la informática (¿tecnología o disciplina científica?) en la enseñanza secundaria o primaria? ¿Los cursos de informática se darán desde una perspectiva productivista o

comercial? ¿O dentro de la perspectiva de usuarios que puedan así adquirir una cierta autonomía?

16. Cuando se habla de cultura científica, ¿significa que se trata de entrar en un mundo científico y técnico sometido solamente a las leyes de la racionalidad científica, incluso económica?

17. ¿Cómo promover una educación científica que evite las pasiones por las ciencias, que se tornarían alienantes en la medida en que eso fuera una manera de evitar el mundo más complejo de las gentes y de la sociedad?

18. ¿La alfabetización científica y la alfabetización tecnológica deben ser diferenciadas, o es más adecuado amalgamarlas?

19. ¿Hay una cultura tecnológica? ¿Cómo caracterizarla?

20. ¿Qué tipo de metodología utilizar para enseñar a los alumnos a practicar la interdisciplinariedad?

21. ¿Cómo construir cursos de ciencias que estén anclados en el contexto de los alumnos y donde los conceptos científicos aparezcan como posibilidades de solución a cuestiones que se plantean, y no como respuestas dadas que no se sabe de donde vienen?

22. Por último, ¿las problemáticas planteadas son propias de los países desarrollados, o se puede, sin violencia, extenderlas a los países en desarrollo?

¿Alfabetización científica o tecnológica?

Periódicamente se replantea una cuestión en torno a la alfabetización científico-tecnológica, como se pudo ver, por ejemplo, en los debates del Foro Internacional de UNESCO en julio de 1993 sobre el Proyecto 2000+: ¿conviene hablar de alfabetización científica por una parte, y de alfabetización tecnológica por otra? ¿O es más adecuado hablar de una alfabetización científico-tecnológica única y más global? Para ciertas personas, la distinción es necesaria, mientras que según otras constituye un obstáculo para las fines sociales que persigue la alfabetización científico-tecnológica.

1. La diferencia entre ciencias y tecnologías no es una cuestión puramente factual

A menudo la cuestión se plantea como si se tratara de un juicio factual: uno se pregunta si, «en la realidad», la alfabetización científica es la misma cosa que la alfabetización tecnológica. El inconveniente de esta manera de plantear la cuestión proviene de que los juicios sobre la diferencia o la identidad de dos cosas no son proposiciones relativas a hechos, sino más bien a programas de acción y a estrategias, cuyas posturas son generalmente de intereses. Así, decir que el psicoanálisis es o no es una ciencia lleva a darle o a rehusarle cierta jerarquía generalmente acordada a las ciencias. Lo mismo, pretender que tal producto está o no terminado puede inducir a una diferencia significativa si se trata de pagar derechos de aduana. Decir que dos cosas son lo mismo (es decir que ellas responden a un cierto estándar socialmente definido), se fundamenta en ciertas posturas, a menudo vinculadas con lo económico o con el poder. (Sin embargo los «status» de «mismo» y de «diferente» no son enteramente idénticos desde un punto de vista epistemológico. En efecto, en lo abstracto, quien pretenda que dos cosas son diferentes siempre tiene razón: no hay dos objetos sin diferencia. Por el contrario, la afirmación de que dos cosas son lo mismo conlleva siempre un aspecto voluntarista — algunos dirían hasta «violento» — pues ella no puede sostenerse más que con la condición de descartar las disimilitudes.)

En consecuencia, en lo relativo a las ciencias y a las tecnologías, la cuestión pertinente no es esa, abstracta, de saber si tiene sentido distinguirlas — se sabe muy bien que, en ciertos casos por lo menos, tiene sentido. La cuestión sería, más bien, ver cuándo, por qué, en vías de qué,

y para el interés de quién se van a privilegiar en ciertos momentos sus similitudes, y en otros, sus diferencias.

2. ¿Por qué trazar la línea de demarcación en un lugar dado?

Es, pues, siempre adecuado decir que un aprendizaje relativo a una tecnología—como el ferrocarril—difiere de un aprendizaje relativo a la física—como la teoría del calor. Pero se podría también afirmar con buenas razones de peso, que el aprendizaje de la óptica difiere del de la electricidad, y luego: rehusar que se coloquen esas dos materias bajo el mismo título de «físicas». En el límite, quienes afirman la diferencia de los procesos tienen siempre razón—por lo menos en lo abstracto. Pero por qué, mientras que la mayor parte minimiza la diferencia entre la alfabetización en física y la relativa a la química, muchos insisten sobre la diferencia entre la alfabetización científica y la alfabetización tecnológica. ¿A qué responde esto? ¿Quién tiene interés en marcar esta diferencia y por qué? ¿Y en qué circunstancias? Ciertas diferencias parecen más pertinentes que otras, y para saber por qué, hay que relacionarlas con las posturas, a su vez ligadas a proyectos y a situaciones específicas. ¿Cuáles son éstas? No es sino después de haber analizado las razones ciertas conductas a promover la estrategia de la diferenciación, y las de la similitud, que se podrá pretender una decisión racional a ese respecto. La decisión será ético-política, porque implica elecciones estratégicas frente a objetivos sociales. Será racional, en la medida en que se hayan debatido los argumentos propuestos por las diferentes partes en favor de sus respectivas posiciones¹.

3. Algunas razones para distinguir A. C. y A. T.

A menudo, para mostrar la distinción entre ciencias y tecnologías, se insiste sobre la diferencia en materia de objetivos: las ciencias enfocarán principalmente el conocimiento, y las tecnologías, la acción. El informe de UNESCO del proyecto 2000+ refleja bien esta posición clásica: «La distinción (entre cultura científica y cultura tecnológica) resulta del hecho de que la ciencia se preocupa esencialmente de comprender los fenómenos y de atribuir a probar 'verdades' científicas, mientras que el fin de la tecnología es el de aportar soluciones a problemas concretos»².

Otras personas subrayan más bien la diferencia en los métodos. Así, en el informe de Kevin Morgan al mismo Foro 2000+ sobre la formación de maestros en estos dominios, se lee: «Un examen de la manera en la cual las ciencias y las tecnologías resuelven los problemas, conduce a la conclusión de que son entidades diferentes. La diferencia aparece particularmente en los resultados en materia de acción. En ciencia, son aplicables los métodos de la investigación científica, mientras que en tecnología es de importancia una serie de otros factores, como la estética, el costo, la seguridad, y la cuestión de saber si la tecnología funciona»³.

Otra manera, vinculada a los métodos, de poner el acento sobre la diferencia, ha sido propuesta por Layton, que insiste sobre todo en los criterios exigidos para los resultados, asegurando que los conocimientos científicos no implican necesariamente los del saber hacer tecnológico: «...los productos de la actividad tecnológica tienen que satisfacer diversos criterios externos. No es necesario solamente que el producto 'funcione' (es decir que haga lo que se supone que debe realizar), sino que debe también satisfacer una serie de otros criterios que podrían incluir cierta sensibilidad respecto del entorno, el costo, los gustos estéticos, la eficacia, las exigencias del mercado y de la cultura. Resulta que la capacidad de 'hacer ciencias' no conlleva la garantía de la competencia en materia de tecnología»⁴. Layton no propone, pues, simplemente una distinción abstracta, sino que descubre en ella posturas estratégicas y contextos sociales: la diferencia se plantea frente a quienes suponen que una formación en ciencias entraña por sí misma una formación tecnológica.

² UNESCO, ED-93/Conf. 016/4, p.4.

³ *Teacher Education and Leadership for Scientific and Technological Literacy*, summary review, Document UNESCO ED93/Conf. 016/3.4, p.2.

⁴ Layton David: *Technology's challenges to science education*. Open University Press, Buckingham, 1993.

A los ojos de Layton, parece que hay un «plus» en las tecnologías con referencia a las ciencias. Es también lo que implican los estudios de Sörensen, quien ha mostrado brillantemente hasta qué punto el trabajo de un ingeniero puede ser más complejo que el de un científico⁵. Hay una enorme distancia entre el principio científico de una tecnología y su invención (por ejemplo, entre la construcción concreta de láseres utilizables y comercializables, y la comprensión, en mecánica cuántica, de la emisión de fotón en fase). Se puede, por otra parte, llegar a utilizar y modelizar una tecnología durante largo tiempo, aun siendo incapaz de conceptualizar ciertos principios científicos involucrados en ella.

Justificar la distinción partiendo del objetivo (de las «verdades» diferentes) o de métodos (procesos o criterios diferentes) revela dos problemáticas distintas, en las cuales los presupuestos pueden ser discutidos. Se puede, por ejemplo, preguntarse si la definición de ciencias como «puras» búsqueda de «verdades» es adecuada: las ciencias ¿no buscan, como las tecnologías, inventar modelos que les permitan controlar procesos concretos (en laboratorio o en situaciones «protegidas» sobre el terreno para las ciencias; en la sociedad y su contexto más amplio para las tecnologías)? Dentro de esas perspectivas, tanto las unas como las otras tendrían como objetivo la búsqueda de invenciones-descubrimientos. Y la «verdad» de las ciencias como la de las tecnologías se fundaría en su posibilidad de acción controlada en el mundo: su diferencia no sería entonces tan grande. Importa, pues, explorar lo que significa una distinción radical entre las ciencias y las tecnologías.

4. Las «verdades» de los científicos y de los tecnólogos

La verdad científica, en el informe de UNESCO antes citado, sería relativa a un objetivo cultural: las investigaciones científicas ponen la mira en la verdad sobre los fenómenos naturales. Desde esta perspectiva, tendrían una cierta nobleza que no compartirían necesariamente las investigaciones tecnológicas, más ligadas a intereses.

Sin entrar en el detalle de argumentaciones que podrían ser interminables, hay que notar que las verdades producidas por las ciencias

⁵ Se encontrará en el apéndice un texto de Sörensen y Levold exponiendo estas diferencias.

son menos desinteresadas de lo que parece. Se trata en efecto, para la comunidad científica, de inventar representaciones de nuestras situaciones y de nuestra historia que nos permitan responder a ellas de manera adecuada (lo más frecuente, en ciencias, en los laboratorios). La «verdad» de las ciencias está vinculada a su adecuación a resultados experimentales o a tests empíricos. Desde la observación a la teorización más refinada, los discursos y las representaciones científicas son llevadas por una intencionalidad y una finalidad humanas sin las cuales no serían más que discursos huecos⁶ para nosotros. Ellos no producen jamás representaciones absolutas del mundo, sino verdades para nosotros, vinculadas con situaciones y con proyectos que nos hacen organizar el mundo de una cierta manera. Desde ese punto de vista, las ciencias no parecen, sin embargo, más desinteresadas que las tecnologías, aun cuando la mayor parte del tiempo los intereses políticos o económicos de la investigación científica son más indirectos —o más enmascarados— que los de las tecnologías.

Por otra parte, la producción cultural de las tecnologías no puede ser desestimada. Los tecnólogos construyen sistemas de representación tan complejos como los de los científicos. Así, las tecnologías espaciales que han permitido ir a la luna se han desarrollado en el cuadro de representaciones teóricas por lo menos tan estructuradas, complejas e inventivas como las de los físicos de partículas elementales. Por otra parte, desde el punto de vista de su relación con un pensamiento teorizante, la diferencia entre las ciencias y las tecnologías, ¿no es sobre todo ideológica? La finalidad de los discursos científicos está más enmascarada que la de los tecnológicos. (Es esto lo que ha hecho decir al físico J. M. Lévy-Leblond que lo que daba a un discurso su «status» de cientificidad era, en parte por lo menos, el simple olvido de su origen, a menudo bien precisado en nuestras historias humanas.)

Los «status» de verdad de las ciencias y de las tecnologías están muy próximos. En cada caso, se puede decir que ha habido invención de un discurso verdadero cuando éste funciona adecuadamente allí donde uno quiere utilizarlo. La diferencia más significativa es, sin duda, que se les demanda a los discursos tecnológicos que funcionen en entornos más complicados que los laboratorios científicos (siendo los laboratorios

⁶ Para esas cuestiones epistemológicas (de inspiración popperiana) sobre los discursos científicos, ver G. Fourez, *La construction des sciences*. Ed. De Boeck. Bruxelles, 1992, pp. 57-63.

lugares protegidos de las complejidades materiales, sociales, económicas y otras, del mundo llamado «real»⁷).

No porque las ciencias sean menos materiales tendrán un valor cultural más grande que las tecnologías. Las comunidades científicas aceptan hoy, en efecto, generalmente, la importancia de la experiencia —proceso bien material— en la elaboración de las verdades científicas. Por otra parte, las ciencias necesitan actualmente tanto de las herramientas y de las máquinas como las tecnologías, exactamente por igual, aunque ellas no existan más que a través de los sistemas teóricos. No es por nada que el término tecnociencia está hoy de moda: hace sentir hasta qué punto los dos procesos están, en nuestras culturas postindustriales en todo caso, intrínsecamente vinculados.

Además, el examen del «status» cultural de las ciencias y de las tecnologías muestra que los dos procesos pueden acompañarse de una experiencia estética profunda: la de ver cómo nosotros, seres humanos, experimentamos, espiritual y corporalmente, una experiencia de belleza y de comunión dentro de un mundo comprendido, pleno de comunicación y de inteligencia.

Desde las perspectivas que venimos de esbozar, hay pocas razones para defender una distinción cultural profunda entre las ciencias y las tecnologías: sus verdades parecen del mismo tipo. Puede ser que la diferencia más significativa proceda finalmente de su lugar de aplicación: **el laboratorio protegido por la simplificación para las unas, la sociedad en su complejidad para las otras.**

5. Ciencias y tecnologías, ¿difieren entre sí?

Según Layton y Sörensen⁸, como hemos visto, las diferencias son muy significativas, pero la manera en que ellos las introducen es sin duda un poco inesperada para muchos docentes de ciencias o investigadores en laboratorio: ellas estarían fundadas en la mayor complejidad de la empresa tecnológica que no puede quedar, como las ciencias, confinada en el cuadro estrecho de un laboratorio o de un paradigma.

Lo que es punzante, en este enfoque, es que, en suma, se presentan allí las ciencias y las tecnologías menos como dos categorías distintas y

⁷ Cf. CDS, p. 101.

⁸ Op. cit.

paralelas, que como dos categorías en las que la una (el proceso tecnológico) incluye prácticamente a la otra (el proceso científico). La especificidad de las ciencias sería sobre todo su carácter abstraído de la complejidad de lo real, y su manera de reducir y de simplificar las situaciones. Dicho de otro modo, la característica de las ciencias sería menos la investigación de una verdad por ella misma que un método de **inversión de modelos más simples que no consideraran más que una parte de los contextos concretos, reducidos a los del laboratorio.**

La diferencia epistemológica entre las ciencias y las tecnologías sería entonces finalmente relativa a su lugar de aplicación. Las ciencias no serían una búsqueda de la verdad por ella misma, sino más bien la búsqueda de una verdad para un lugar material y culturalmente situado. Y, culturalmente, los dos procesos compartirían igualmente la «fiesta» científica⁹, el «juego de los posibles»¹⁰, la «demencia»¹¹ por los cuales los humanos desplazan sin cesar las fronteras de su existencia y de su historia. Las ciencias estarían, dentro de esta perspectiva, tan inclinadas por una finalidad y una intencionalidad humanas como las tecnologías: se las podría considerar como tecnologías intelectuales¹².

6. Intereses que giran alrededor de la distinción entre A. C. y A. T.

Los desarrollos que preceden conducen a pensar que la distinción entre las alfabetizaciones científica y tecnológica realiza, en parte, por lo menos, una **evolución histórica ligada a intereses.**

⁹ G. Thill: *La fête scientifique*. Aubier & Desclée. Paris, 1972.

¹⁰ G. Fourez: *La science parisienne*. Ed. Duculot, Gembloux, 1974 y *La construction des sciences*. Ed. De Boeck, Bruxelles, 1988 y 1992, p. 227.

¹¹ E. Morin: *Le paradigme perdu, la nature humaine*, Seuil, Paris, 1973.

¹² Hé expuesto este punto de vista en CDS pp. 108-109. Con esta expresión he querido poner el acento sobre la finalidad de las ciencias. Esta no impide para nada que ellas sean a menudo practicadas por científicos más interesados por el placer científico-técnico que por las implicaciones económicas de las ciencias (lo que, por otra parte, puede ser también el caso de los técnicos). No obstante, en las redes socio-económicas concretas, las prácticas científicas (o tecnológicas) conllevan numerosos intereses objetivamente reconocibles.

✓ Las dos corrientes del pensamiento científico

El pensamiento científico se ha dividido, al principio del siglo XIX en dos grandes corrientes. Una de ellas ha dado nacimiento a las facultades de ciencias y a las ciencias llamadas «fundamentales». En ellas se hacen ciencias llamadas «puras», es decir, según la comprensión de la época, ciencias desembarazadas de los contextos prácticos, culturales o sociales que las habían hecho nacer; el lenguaje utilizado era académico y se refería a un léxico erudito, deliberadamente diferente del de los artesanos. Se aprendían allí las técnicas determinadas de esas disciplinas, distanciándose de prácticas más manuales o también de una investigación más global. Se olvidaban las situaciones y proyectos —la medicina o la metalurgia, por ejemplo— que habían sostenido las actividades creadoras por las cuales los científicos habían inventado nuevos conceptos, nuevas perspectivas y, desde allí, nuevas disciplinas. Nacieron también, a principios del siglo XIX, cuerpos de conocimientos disciplinarios, estructurados alrededor de un rigor bien definido y de prácticas de enseñanza, pero a veces un poco rígidos en sus paradigmas y hasta en sus laboratorios¹³. Es así como los conceptos de esas disciplinas (que provienen, por otra parte, generalmente, de comparaciones o de metáforas) se «endurecen»¹⁴ al punto de que nosotros creemos, a veces, que ellos constituyen la única «buena» manera de referirse al mundo¹⁵.

La segunda corriente ha dado nacimiento a otras empresas científicas ligadas a las prácticas profesionales de los médicos, los ingenieros, los arquitectos, y de algunas otras profesiones. Aquí, lo que primaba, era que «esto marche», no solamente en el cuadro restringido de los laboratorios o de las escuelas, sino también en la sociedad y en el mundo tal como ellos son. Esa corriente dio nacimiento a lo que hoy se llama a menudo —equivocadamente, lo veremos pronto— las ciencias aplicadas o, para ser

¹³ Acerca del nacimiento de esta ciencia de profesores, cf. M. Serres: *Éléments d'histoire des sciences*, Bordas, Paris, 1989 y B. Bensaude & I. Stengers, *Histoire de la Chimie*, Ed. La découverte, Paris, 1993, pp. 125-206.

¹⁴ Sobre la noción de endurecimiento de conceptos, ver I. Stengers, ed.: *De una ciencia a otra. Los conceptos nómades*, Seuil, Paris, 1987.

¹⁵ El concepto de fuerza, por ejemplo, nació de una metáfora que ha sido tan fecunda que hemos llegado a creer que las «fuerzas» existen como tales, olvidando que se trata de una manera de modelizar nuestro mundo; y es lo mismo para nociones como las de átomo, de partícula, de sistema, de célula, de herencia, de reacción química, etc... La corriente «disciplinaria» del pensamiento científico ha tendido a ocultar el carácter teórico y luego metafórico de todos esos conceptos a menudo falsamente presentados como el resultado de «observaciones».

más exactos, las ciencias orientadas por proyectos (*project oriented science*), que guardan la memoria de los intereses humanos que las estructuraron (aun si demasiado a menudo ellas se repliegan sobre sí mismas de una forma demasiado tecnocrática, olvidando, por ejemplo, que la medicina extrae su sentido de la vida personal y social, tendiendo a creer que es una ciencia en sí misma).

En las ciencias orientadas por proyectos se sabe (en principio por lo menos) que la teorización es una mediación con miras a una comunicación y a una competencia, y no un fin en sí; su objetivo no es esencialmente el de «hallar verdades científicas». Saben también que son los «intereses» los que sirven de criterios para decidir acerca de los modelos que se conservarán o privilegiarán. Lo que no quiere decir que ellos produzcan modelos menos teóricos o menos abstractos que las ciencias disciplinarias; y en ese sentido, ellas buscan también «verdades científicas». Así, para enviar a alguien a la luna o para cuidar una diabetes, son necesarias tanta teorización y modelización como para hacer física nuclear. No son «ciencias aplicadas» (en el sentido de aplicación de resultados científicos previamente obtenidos)¹⁶ sino, como las disciplinas tradicionales, modelizaciones creadas por la inventiva humana, teniendo en cuenta fines humanos. Desde este punto de vista, no es muy interesante distinguir ciencias y tecnologías: en cada caso uno se encuentra frente a la inventiva y a la creatividad humana dándose una representación teórica de las posibilidades que nos ofrece lo que se llama a veces la «*techno-nature*». Las ciencias como las tecnologías implican a la vez una teorización de nuestro medio y una posibilidad de acción.

La primera corriente de los pensamientos y de las tradiciones científicas ha conquistado la enseñanza secundaria general y, en la universidad, las facultades de «ciencias fundamentales». La segunda se ha establecido más en la enseñanza primaria y en las facultades o escuelas especiales ligadas a las profesiones mencionadas.

Esta división de las dos corrientes del pensamiento científico se articuló también con una división del trabajo según la cual éste tenía un «status» tanto más noble cuanto más alejado estuviera del trabajo manual¹⁷. Las

¹⁶ Esta noción de «ciencias aplicadas» merecería un análisis sociológico y epistemológico profundo para mostrar cuan errónea puede ser cuando implica que, generalmente, se tienen en principio resultados científicos que, a continuación, se aplicarían a usos técnicos. Tal representación de la relación entre ciencias y tecnologías efectivamente considerada hoy como profundamente inadecuada.

¹⁷ Así, como se verá en los dos capítulos consagrados a las tradiciones de la enseñanza técnica, es el vínculo de las técnicas con las ciencias el que proporcionará a los alumnos de esas ramas una suerte de título de nobleza.

ciencias disciplinarias aparecían como más aristocráticas y como los fundamentos de todos los otros conocimientos. Al mismo tiempo, se olvidaba que los científicos puros aparecieron un día, frente a aquellos que se confrontaban a la complejidad del mundo, como «técnicos puros», que se limitaban a trabajar dentro del cuadro de las disciplinas establecidas. No se puede, pues, hablar de «ciencias puras» como si se tratase de conocimientos más nobles, cuando se trata de conocimientos establecidos dentro de los límites y las reducciones de un paradigma.

Además, en una sociedad que comenzaba su proceso de secularización, las ciencias disciplinarias y sus verdades fueron investidas en el último siglo de un aura casi religiosa, en reemplazo de la religión que perdía su poder social: en la práctica, las verdades científicas reemplazaron con holgura a las del catecismo. Los científicos fueron a menudo considerados — pensemos en el impacto del pensamiento de Augusto Comte— como sacerdotes de la verdad, mientras que la investigación era apreciada como una vocación particular, sagrada. Los docentes de ciencias tenían también tendencia a considerarse como el bajo clero que donaba al conjunto de la población el saber que la salvaría.

✓ *Ciencias y tecnologías a la luz de las socio-epistemologías constructivistas*

Desde entonces algo ha pasado, por lo menos en el universo filosófico: la toma de conciencia del carácter histórico de las ciencias. Las diferentes escuelas constructivistas¹⁸ pusieron en evidencia que las verdades científicas no caían del cielo, sino que eran respuestas humanas, emitidas por humanos, para humanos, frente a los problemas del momento. El constructivismo ve las representaciones científicas como modelos intelectuales contruidos (como se construye una tecnología) y marcados por la contingencia de su época y de los contextos de origen.

Pero, entretanto, el mundo de la investigación universitaria y «fundamental» ha tenido éxito, en el curso del siglo XIX, en hacer creer que las tecnologías eran simples aplicaciones de las ciencias. Contrariamente a todo lo que la historia nos ha enseñado (pensemos en dos ejemplos entre

cientos de otros: en la anterioridad de la máquina de vapor sobre el modelo del «ciclo de Carnot» o en el uso de la aspirina antes de la comprensión de su funcionamiento), muchos científicos han concebido —y algunos lo piensan todavía— los desarrollos científicos como las bases siempre necesarias de los de las tecnologías¹⁹. Es así que se ha visto hace unos cuarenta años, en ciertos países, que las facultades de ingeniería o de medicina fueron rebautizadas como facultades de «ciencias aplicadas».

Numerosos autores²⁰ han mostrado en qué medida las relaciones entre las ciencias y las tecnologías son más complejas. Layton²¹ ha sugerido que, en el marco escolar, toman tres enfoques. En el pasado, los profesores de ciencias han utilizado las aplicaciones tecnológicas para hacer más comprensibles los conceptos y las ideas científicas (ciencia y tecnología). Han considerado, a continuación, a las tecnologías para mostrar cómo diversas dimensiones de ellas pueden encontrar una explicación en el paradigma de una disciplina científica. Se trataba entonces de la ciencia de las tecnologías (o, dicho de otra manera, se trataba de mostrar ciertos principios disciplinarios aplicados en el funcionamiento tecnológico), y de este modo hacer más atrayente la enseñanza de las ciencias. En los dos casos, las tecnologías son utilizadas en vistas a una formación en las ciencias disciplinarias²². A menudo, por otra parte, uno se arregla para dar una imagen simplificada de las tecnologías, de tal forma que se pueda verlas como las aplicaciones de las ciencias. Por último hoy, en la medida en que uno desee para los jóvenes una educación tecnológica, se ve aparecer otra dinámica que pone la ciencia al servicio de los desarrollos tecnológicos. Desde esta perspectiva, la educación tecnológica es considerada como válida en sí misma.

¹⁸ Se trata, aquí también, de una mala comprensión de la noción de «prerrequisito»: muchos científicos opinan que es necesario, para todos, comprender las tecnologías a través de los cuadros de sus disciplinas, cuadros que ellos mismos estiman indispensables para arribar a una comprensión válida de la tecnología.

¹⁹ Cf. J. Staundenmaier: *Technology's storytellers*, M.I.T. press, Cambridge, 1984, y también «Las tecnologías ¿son ciencias aplicadas?» in *Courrier du Cefires*, n° 5, dic. 1988, pp. 27-43.

²⁰ Op. cit.

²¹ Sobre esta cuestión, ver también el trabajo de Ph. Mathy y su distinción entre «enseñanza científica contextualizada» (es decir, enseñanza donde se muestra cómo los conceptos científicos responden a contextos y de allí toman su sentido) y «enseñanzas colgadas de las ciencias», es decir enseñanzas donde se utilizan los contextos para hacer aceptables los conceptos que se quieren pensar finalmente en una «a-

Es posible preguntarse si los debates sobre la distinción entre A. C. y A. T. no se explican finalmente mejor a la luz de esos desarrollos y de los intereses que ellos han engendrado, pues diversos grupos sociales, con sus intereses específicos, se han desarrollado en relación con las diversas tradiciones científicas. Es así, por ejemplo, que los científicos fundamentales ven su identidad tradicional cuestionada por el advenimiento de la techno-ciencia, lo mismo que por la toma de conciencia de la independencia relativa de las tecnologías con referencia a las ciencias disciplinarias. Sin embargo, en la universidad del mundo, visto el conjunto de estructuras sociales, muchas de ellas no se adaptan del todo mal a la nueva situación, como lo testimonia el número de contratos industriales en las facultades de ciencias²³. Esto no siempre es válido para los docentes de secundario, que soportan a veces difícilmente la pérdida de «status» de sus saberes disciplinarios desde que se pone en evidencia que todo saber tiene una finalidad (tanto más en un período de crisis, en que la profesión docente está tentada de aferrarse a las disciplinas, estables por definición). Los docentes del secundario pueden, pues, dudar de que les compete defender una alfabetización científica separada de una alfabetización tecnológica. Como desquite, los maestros de primaria se sienten generalmente menos amenazados por una alfabetización científico-técnica global. Pero éstos, que —por razones a veces opuestas— quieren promover una familiaridad de las poblaciones con las tecnologías, se sienten a veces «rescatados» por los «científicos puros». Tratan, en consecuencia, de encontrar un lugar en el que se tomen en cuenta las tecnologías por lo que ellas son. Es por esto que tenderán fácilmente a reclamar una A. T. independiente de la A. C. En cuanto a los alumnos, han

reconocido²⁴, tal vez con anticipación a sus educadores, que «la educación científica, como actividad teórica y fundada principalmente sobre el conocimiento, independientemente del *background* y del contexto concreto de quien aprende, ha sido inapropiada»²⁵.

7. ¿Por qué finalmente distinguir A.C. y A.T.?

Desde esta perspectiva, uno se puede preguntar si la voluntad de distinguir entre A. C. y A. T. no revela un combate de retaguardia donde se alían los intereses de los científicos fundamentales, de los docentes en ciencias del secundario, y de aquellos que quieren hacer jugar a las ciencias el rol de cemento ideológico (una suerte de mito fundamental) en una sociedad secularizada. Pero otra lectura saca a la luz las diferentes actitudes a las cuales hice alusión antes. Una parte de los que defienden la distinción de los dos tipos de alfabetización actúan por táctica. Frente a la hegemonía de los cursos de ciencias tradicionales disciplinarios, frente al desinterés de los alumnos por ellos, frente también a las necesidades culturales y económicas de una familiaridad con los desarrollos tecnológicos, quieren promover la distinción de forma tal que, al menos en alguna parte, pueda tener lugar una real alfabetización tecnológica. Así, dentro del espacio pedagógico reservado a ese objetivo, ciencias, tecnologías y sociedad podrían ser puestas en relación de manera operacional y coherente²⁶. Finalmente, es posible que muchos de ellos enfoquen más una

contextualidad» (Cf. Ph. Mathy, *Construire des cours des sciences qui aient du sens pour les élèves*, n° especial del *Courrier du Cethes*, n° 23 bis, agosto 1993. Ver también el informe de la UNESCO, proyecto 2000+ ED-93-CONF. 016/4, p. 39): un grupo «ha insistido sobre la importancia de ubicar la ciencia en su contexto, lo que muy pocos centros científicos han intentado hacer de manera sistemática. En su gran mayoría, los museos y centros científicos buscan sobre todo presentar la ciencia pura, en particular en física, en óptica o en mecánica».

²³ Es interesante, desde ese punto de vista, considerar la evolución de diversos departamentos de facultades de ciencias que, poco a poco, viven de contratos industriales u otros, y así minan su identidad anterior para parecerse de más en más a departamentos de ingeniería —aun cuando continúan valorizando un aspecto más «fundamental». Para las complejas distinciones y estrategias entre ciencias fundamentales y aplicadas, cf. CDS pp. 166-176.

²⁴ Cf. Holford D. G. «Training Science Teachers for S. T. S. roles», en Tamir P., Hofstein, A. y Ben-Poretz M. (eds): *Preservice and Inservice Education of Science Teachers*, Balaban International Science Services, Philadelphia PA, 1983.

²⁵ Kevin Morgan, en *Teacher and leadership education for scientific and technological literacy*, Forum Project 2000+, UNESCO ED-93. Conf. 016. Ref. 1.4.

²⁶ Tal me ha parecido ser la posición dominante en el Foro del Proyecto 2000+ de UNESCO en julio del 93. Así, el proyecto de informe del grupo sobre la naturaleza y la necesidad de una cultura científica y tecnológica para todos insiste (ED-93/Conf. 016/4, p. 1): «La cultura tecnológica y la cultura científica tienen características diferentes que revelan dos disciplinas diferentes pero emparentadas. Existe entre ellas una relación de interdependencia. La tecnología implica los medios de resolver problemas por la aplicación tanto de conocimientos científicos como de otros y la gestión de los recursos ya disponibles o que están puestos a disposición. Ninguna de esas dos culturas es suficiente, ninguna engloba a la otra o es la fuente. Deben tener el mismo "status"». (Las itálicas han sido añadidas.)

alfabetización científico-técnica global que una alfabetización tecnológica por sí misma.

Puede ser necesario añadir otra lectura del debate, llegado aún a otros intereses. En nuestra sociedad, secularizada sin duda, pero a menudo en búsqueda de absolutos, las ciencias fundamentales, con su independencia relativa de los poderes económicos y políticos, aparecerían como un lugar de resistencia a una sociedad dominada por la tecnocracia, el economismo y por todo lo que no revelara eficacia instrumental o utilitaria. De allí el temor de que una educación en tecnologías, necesariamente, se convirtiera en una manera de reclutar a los jóvenes en la sociedad programada postindustrial. La táctica consistiría entonces, con frecuencia, en combatir—directa o implícitamente— toda tendencia a valorizar la finalidad de los saberes, para insistir en todos los niveles de la enseñanza sobre lo que les parece más desinteresado, a saber las ciencias fundamentales²⁷. Toda finalidad es vista como puramente utilitaria y/o práctica; no se ve posibilidad de una finalidad cultural (que ponga la mira en la comunicación y la interpretación).

Uno puede preguntarse, sin embargo, si la posición consistente en afirmar, contra viento y marea, que las ciencias son desinteresadas puede vencer a largo plazo, pues en principio, nada es menos instrumentalizable que un saber disciplinario que no es consciente de sus finalidades y de su carácter contextualizado²⁸. A continuación la mejor defensa contra los condicionamientos tecnocráticos, ¿no reside en la valorización de los compromisos humanos ligados a la producción de los saberes? En fin, ¿no hay que, si se quiere humanizar las actividades científicas y tecnológicas, comprender y mostrar cómo, en su mismo seno, las libertades

²⁷ Es así que se acusa a veces de totalitarismo a quienes ponen en evidencia el carácter finalista de las ciencias y de las tecnologías. Se puede, sin embargo, preguntar qué significa ese rechazo del interés y de la utilidad, como si todo no tuviera una finalidad. Se podría ver aquí así como la firma de una civilización burguesa dominada por el interés, que quisiera, porque ella siente el riesgo de la omnipresencia de los intereses económicos e individuales, salvaguardar zonas de desinterés. Pero, ¿no sería más interesante reconocer que todo interés no es puramente práctico, ni necesariamente económico? También, como las tradiciones anglosajonas lo saben mejor que los francófonos, hay «utilidades» culturales o sociales.

²⁸ Cf. a este respecto el remarkable estudio de Isabelle Stengers sobre la manera en que la química llegó a ser la disciplina instrumentalizada e industrial por excelencia, en M. Serres (op. cit. pp. 297-320). Michel Serres ha mostrado también, por otra parte, cómo las ciencias humanas «clásicas», es decir las que rehúsan confrontarse con las prácticas sociales concretas de los científicos y de los ingenieros, no logran tener un impacto histórico significativo sobre los desarrollos sociales (Cf. *Navvel*

humanas comprometen su historia?; para esto, ¿no haría falta promover una educación que permitiera a los jóvenes ver cómo los saberes, ya sean tecnológicos o científicos, son producciones humanas, por y para seres humanos—saberes siempre con una finalidad, interesados en el sentido más profundo (pero no solamente económico-práctico) del término? En otras palabras, más que intentar hacer de las ciencias fundamentales una suerte de islote tratando—en vano—de hacerlas escapar a la historia humana, ¿no valdría más ver cómo son también un lugar donde se juega esta historia²⁹?

Queda por decir que toda alfabetización científico-técnica corre siempre el riesgo de ser recuperada por las ideologías tecnocráticas de nuestra época y de ser instrumentalizada con el objetivo de crear buenos productores y consumidores de una sociedad programada. Esto ocurrirá inevitablemente si no se pone sin cesar en evidencia y en su justo valor tanto el carácter humano y cultural de las tecnologías como el de las ciencias.

8. En concreto: un problema institucional

Cualesquiera que sean los análisis que se hagan del debate a propósito de la distinción entre A. C. y A. T., las decisiones se tomarán a nivel institucional. Serán el resultado de compromisos entre diversos intereses. ¿La manera en que los currícula integrarán la alfabetización científico-técnica permitirá la continuación de cursos de ciencias no comprometidos y poco atrayentes para los alumnos? ¿Favorecerá una renovación de la enseñanza de las ciencias, de forma tal que sus conceptos sean siempre mostrados dentro de sus relaciones con las historias y los contextos humanos? ¿La alfabetización tecnológica tenderá a hacer de los alumnos las ruedas de una sociedad tecnocrática, o los ayudará a *observerateur* n° 1435 7/5/1992, citado en *Courrier* n° 18, agosto 1992, pp. 4-6). ¿No haría falta ver, para parafrasear a Marx, un cierto tipo de humanismo poco comprometido socialmente, como un opio de las clases intelectuales? Son, en efecto, proclamación de la dignidad humana que rehúsa ser encerrada en los condicionamientos de las técnicas, pero al mismo tiempo, no hacen más que presentar una actitud de impotencia frente a los desarrollos de las tecnocracias.

²⁹ Las dos posiciones reúnen dos actitudes que se encuentran diseminadas un poco en toda la sociedad. La primera trata de salvar la trascendencia humana buscando lugares—científicos, éticos o religiosos—que se considerarán fuera de la historia humana. La

tomar una distancia crítica con referencia a una sociedad en la cual verán mejor las estructuras sociales portadoras de coacciones y de libertades? Para esas preguntas y para muchas otras no hay respuestas generales y abstractas; las respuestas, siempre concretas, serán el resultado de negociaciones sociales en las cuales nuestra historia individual y colectiva estará comprometida. Y orientaciones institucionales idénticas pueden, en contextos diferentes, tener significados opuestos.

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

No es suficiente proporcionar grandes orientaciones para una A.C.T. y definirla únicamente con finalidades sociales: hay que mostrar, de manera más precisa, aquello que se enfoca en un proceso tal. A esto nos vamos a dedicar en este capítulo, de manera aun bastante general, antes de entrar más concretamente en las estrategias pedagógicas y epistemológicas implicadas en esta opción.

otra estima que es dentro de la historia humana y en todas sus dimensiones (de las cuales ninguna es «pura», ni aún la religión, o las ciencias) que puede encontrarse una visión de trascendencia. Cf., por ejemplo, a este respecto: I. Elacuria, «Historicidad de la salvación cristiana», en: I. Ellacuría & J. Sobrino: *Conceptos fundamentales de la teología de la liberación*, Ed. Trotta, Madrid, 1990, p. 328.

1. Objetivos: autonomía, comunicación, dominio, negociación

Aunque el interés por la alfabetización científico-técnica esté, como lo hemos visto, polarizado por muchas perspectivas (socioeconómica, democrática, humanista), de hecho, la A.C.T. persigue generalmente tres fines: **la autonomía del individuo** (componente personal), **la comunicación con los demás** (componente cultural, social, ético y teórico), y un cierto **manejo del entorno** (componente económico). Se pueden concretar esos objetivos pensando en algunos ejemplos que puedan servir de anclaje: la comprensión de la noción de contagio, el conocimiento de razones por las cuales no se pueden recongelar los congelados una vez descongelados, la familiarización con un programa informático, la utilización del fax, la manera de tratar un motor diesel cuando hace frío... Otros numerosos ejemplos podrían ser propuestos, pero estos serán suficientes para proporcionarnos un referente concreto con respecto a las consideraciones más abstractas que siguen a continuación.

Algunos conocimientos de las ciencias y de las técnicas favorecen cierta **autonomía** de los individuos. Si uno es capaz de representarse situaciones concretas, se pueden tomar decisiones razonables y racionales frente a una serie de situaciones problemáticas. Se escapa especialmente, así, al funcionamiento por la **receta**, la que involucra siempre la **prescripción** de un comportamiento o de una actitud, **crea dependencia** y hace perder una parte de las posibilidades de autonomía¹. Este objetivo

¹ Remarcamos sin embargo que toda dependencia o toda pérdida de la autonomía no debe ser considerada como un mal: hay prescripciones que son útiles y válidas.

de autonomía puede servir de criterio para juzgar el interés de conocimientos distinguiendo aquellos que aumentan nuestra dependencia frente a los **expertos o especialistas**, de otros que permiten al individuo establecer con ellos una relación más pareja e igualitaria.

Se puede también evaluar el interés de los conocimientos en función de la manera en que ellos nos permitirán comunicarnos con otros a propósito de nuestras situaciones de vida. Reside aquí, sin duda, la fuerza de la **teorización**. Construir una teoría viene a ser, en efecto, proveerse de palabras, conceptos y estructuras de representación que permitan encontrar cómo comunicar a otros lo que nosotros vivimos. Por el contrario, la **prescripción** o la **receta** no favorece la comunicación: dice lo que hay que hacer, sin dejar lugar al diálogo, a la negociación. La teoría aparece como una **mediación compartida dentro de la comunicación humana**; es, por ende, la base del **diálogo entre pares**, y también, esencial en el debate **ético**.

Por último, conocer alguna cosa del mundo implica siempre un **saber-hacer** y un **poder-hacer**. Lo que proporciona su **sentido** a la teorización es la manera en la cual ella engendra posibilidades individuales y sociales. Como se ha recalcado desde algunos decenios, las ciencias están intrínsecamente vinculadas a un **poder** (lo que no quiere decir necesariamente una dominación sobre los otros).

Yo consideraría, pues, a alguien como **alfabetizado científica y tecnológicamente** cuando sus saberes le procuraran una cierta **autonomía** (posibilidad de **negociar** sus decisiones frente a las presiones naturales o sociales), una cierta **capacidad de comunicar** (encontrar las maneras de «decir»), y un cierto **dominio y responsabilidad**, frente a situaciones concretas (como el contagio, la congelación, la computadora, un fax, un motor diésel, etc.)².

2. ¿Practicamos nosotros la A.C.T.?

En nuestros cursos de ciencias, ¿practicamos nosotros la A.C.T. tal como está definida? ¿Las enseñanzas que impartimos producen verdaderamente graduados bien formados (en inglés, *empowered*) y capaces de integrarse a nuestras sociedades hipersofisticadas?

² Remarcamos que esta «alfabetización» no concierne solamente a la materialidad de las situaciones, sino también a la vida afectiva, social, ética o cultural.

Hace algún tiempo, mi ahijada, al concluir su educación secundaria, me hablaba de su hastío por las ciencias. Cuando le expliqué por qué yo creía que los conocimientos en física (en electricidad, por ejemplo) permitían ser más autónomo en la existencia, me respondió claramente: «esto no es lo que se aprende en los cursos de ciencias; se aprenden allí únicamente cosas que interesan a los científicos, no a nosotros». Saber si tiene o no razón me parece una cuestión pertinente. ¿Nuestras maneras de enseñar las ciencias están centradas sobre teorías y modelos interesantes para los alumnos? ¿Nuestros cursos de ciencias no son a veces una manera de hacerlos entrar en el mundo de los científicos más que una forma de ayudarlos a explorar su propio mundo?

Dicho de otro modo, ¿enseñamos nosotros la biología, la química, la física, la matemática, o enseñamos a los jóvenes a desenvolverse en el mundo? Los dos objetivos no son necesariamente contradictorios, ¡gracias a Dios! Puede ser interesante enseñar las disciplinas por ellas mismas a futuros especialistas, pero no tenemos de qué asombrarnos si, cuando nuestra enseñanza está mayoritariamente centrada sobre los intereses de los científicos, los jóvenes terminan por estar disgustados con las ciencias. Dicho de otra manera, enseñar el «sistema circulatorio de la sangre»; no es necesariamente lo mismo que enseñar la manera en que se puede actuar en caso de hemorragia o de ataque cardíaco. Enseñar el esqueleto no es aprender a representar cómo nosotros vivimos nuestro cuerpo: en movimiento, etc. Acá se perfila una cuestión central: «¿Nuestras teorías científicas aparecen como un fin en sí o como una mediación en vista de proyectos humanos?». ¿Nuestro «quehacer» consiste en enseñar verdades científicas que encontrarán su finalidad en sí mismas, o queremos enseñar maneras de teorizar el mundo para vivir y comunicarse en él? Hay acá dos actitudes y dos concepciones de la epistemología, con referencia a las cuales sería útil que nos ubicáramos, pues implican diferencias significativas en la manera de enseñar.

Estas dos concepciones pueden, por otra parte, estar ligadas a la distinción histórica de la cual hemos hablado antes, entre las ciencias disciplinarias (o fundamentales) y las que están orientadas por proyectos.

La tendencia en la enseñanza secundaria ha sido sobre todo la de ocultar que las teorizaciones estaban orientadas por proyectos, para no enfocar más que una enseñanza de las verdades científicas³. Pese a

³ Así se puede ver, por ejemplo, presentar en un manual de física la distinción entre asistentes y conductores eléctricos como un «hecho» (una suerte de verdad científica eterna) y no como una modelización teórica interesante en ciertas circunstancias.

sabérselas provisorias, se las presenta igualmente como resultados, sin mencionar con qué criterio se ha encontrado interesante y fecundo desarrollar esas representaciones y no otras. Además, se tiende a considerar a ciertas representaciones disciplinarias como de un nivel más elevado (o más profundo, según el modo de hablar), que otras, y esto independientemente de los proyectos de acuerdo con los cuales esas representaciones pueden hallar su pertinencia⁴.

La alfabetización científico-técnica nos plantea, en todo caso, dos cuestiones fundamentales en cuanto a la enseñanza científica: «¿Por qué eliminamos del secundario las ciencias y teorizaciones orientadas por proyectos?» y «¿es esto verdaderamente prudente?».

3. ¿Qué se necesita para estar científico-técnicamente alfabetizado?

Para hacer estos debates más concretos, he aquí algunos criterios que la promoción de una alfabetización científico-técnica podría asumir.

3.1 El buen uso de los especialistas

En nuestra sociedad nadie puede vivir solo y conocer todo. Tanto en la investigación avanzada como en la vida corriente es necesario recurrir a especialistas —a «expertos» si se prefiere este término. Pensemos en la importancia que pueden tener para nosotros, en ciertos momentos, un mecánico, un médico, un especialista en informática, etc. Y para un gobierno, los economistas, los especialistas de la salud pública, los ingenieros, etc. Sin embargo, no siempre es fácil saber cómo comportarse frente a los expertos. ¿Cómo encontrar el equilibrio entre la dependencia frente a su saber y un sano espíritu crítico? ¿Cómo decidir, por ejemplo, si

⁴ Así mismo para muchas otras nociones como, por ejemplo, el aparato digestivo, que no es a menudo presentado como un modelo engendrado dentro de un cierto contexto de acción y de significación, sino más bien como si se tratara de una verdad científica existente por sí misma.

⁵ Para comprender el enraizamiento humano de las ciencias, es suficiente con imaginarse lo que habría sido la física de los delirios si ellos hubieran sido seres razonables: los modelos que hubieran producido no habrían dado, sin duda, más que poca importancia a conceptos como nuestra «gravidad» o nuestro «movimiento sin fricción».

hay que buscar una segunda opinión? ¿Cómo saber cuándo es sensato transgredir su opinión? ¿Cómo transferir lo que nos han dicho de un contexto a otro? ¿Cómo discernir sus «abusos de saber»⁵ eventuales? ¿Cómo ver la diferencia entre lo que está ligado a los conocimientos disciplinarios de que dispone el experto y lo que se desprende de un saber más común? ¿Cómo compatibilizar nuestros saberes, resultado del conocimiento de nuestro medio o de nuestro cuerpo, con las competencias más abstractas del especialista?

La A.C.T. supone una capacidad para desenvolverse con este género de interrogantes. Uno puede, sin embargo, preguntarse si los cursos de ciencias tradicionales son una manera eficaz de enseñar tales saberes. O cuándo y cómo se enseña a los jóvenes la necesidad de recurrir al buen «uso» de los especialistas.

3.2 El buen uso de «cajas negras»

Toda gestión científica o racional utiliza lo que los físicos llaman una «caja negra». Se trata de una representación de una parte del mundo, que se acepta en su globalidad sin considerar útil examinar los mecanismos de su funcionamiento. Así, cuando se utiliza un martillo es generalmente innecesario conocer las redes cristalinas del acero de la cabeza del martillo: se trata de una caja negra. Así también, se puede utilizar la noción de virus para hablar de una serie de enfermedades contagiosas sin preocuparse de saber qué es un virus. La noción de reacción química es a menudo considerada como una caja negra, en la medida en que uno no busca comprender su mecanismo.

Por otra parte, hasta en las investigaciones más avanzadas, las cajas negras juegan siempre un rol para designar los fenómenos que están al margen del sujeto de estudio. Por ejemplo, el químico no necesita abrir la caja negra que constituye el concepto de carga eléctrica, ni el físico, la de la noción de organismo vivo. Todo especialista profundiza en los temas que son el centro de su interés (allí «abre» cantidad de cajas negras, pero aceptará (al menos provisoriamente) como cajas negras las representaciones no centrales para su investigación.

Saber cuándo y cómo es interesante o no abrir una caja negra (es decir profundizar ciertas nociones en ciertos contextos y en el cuadro de ciertos

⁵ Se llama «abuso de saber» a la utilización, sin la precaución adecuada, de conocimientos fuera de los contextos que les dan su significación y precisión. (Cf. a este respecto G. Fourer: *La construcción des sciences*, Ed. De Boeck, Bruxelles, 1992, y el libro de M. Beaumont et al.: *Abus de savoir*, DDB, Paris, 1977).

proyectos) es esencial para la A.C.T. Por ejemplo: ¿qué es útil saber sobre el funcionamiento de la aspirina para utilizarla inteligentemente?, ¿qué modelo de motor diesel necesita tener para comprender los problemas que pueden sobrevenir en caso de mucho frío? ¿qué representación sobre el SIDA hace falta para evitar el contagio, o para saber que es necesario conocer las propiedades matemáticas de una función para utilizarlas en el contexto de un problema físico? Aunque los ejemplos que preceden han sido elegidos en contextos prácticos, se pueden citar también otros que tocan a la cultura; así, las nociones de evolución biológica o de la naturaleza de las estrellas pueden quedar como cajas negras bien cerradas que uno puede decidir o no abrir por interés cultural.

El buen uso de las cajas negras está también ligado a la noción y al uso de los «prerrequisitos». ¿Qué hace falta conocer de una teoría o de un modelo⁶ para utilizarlos inteligentemente en ciertas situaciones? ¿En qué contextos es exacto afirmar que, como me ha dicho un profesor de biología, «es necesario tener nociones de inmunología para tener un modelo útil del SIDA»? ¿Qué nivel de conocimiento de matemática se necesita para tener, en un marco dado, un modelo apropiado de la mecánica cuántica?⁷ ¿Qué conocimientos de cartografía (o de geometría proyectiva) son necesarios para saber desenvolverse con una carta de Estado Mayor?⁸ ¿En qué circunstancias la distinción entre materiales eléctricamente aisladores y conductores es pertinente?⁹

A veces nuestros cursos de ciencias funcionan como si lo que es prerrequisito en ciertas situaciones fuera evidente. Peor aún, a veces se estima que el prerrequisito es independiente de los contextos y de los proyectos que se tienen. No es raro, por ejemplo, que los profesores acepten automáticamente, en forma independiente del contexto, la

⁶ O, como se dice habitualmente, de una «cosa».

⁷ Es interesante, a este respecto, ver cómo, en los años treinta, físicos como Heisenberg eran capaces de presentar una teoría de la mecánica cuántica con muy poco de matemática.

⁸ Muy frecuentemente se representan los «prerrequisitos» de una manera lineal: una serie de conocimientos precisos que serán necesarios para comprender o hacer ciertas cosas (de ordinario, se designa entonces a los que uno ha efectivamente utilizado a este efecto). Si, en ciertas situaciones, una representación tal es adecuada, no es lo mismo en otras. Así, a menudo, es suficiente tener bastantes conocimientos dentro de un dominio para que, muy probablemente, se logre finalmente desenvolverse frente a las cuestiones que se presentan. Dicho de otro modo, puede ser que sea mejor enfocar la noción de «prerrequisitos» según el paradigma probabilista de las teorías del caos, que conforme al de la causalidad mecánica y necesaria.

pertinencia de una manera de ver las cosas (por ejemplo, al pedir que se compare el esqueleto de un hombre con el de un mono no creen útil precisar qué proyectos o teorías dan sentido a ciertos criterios de comparación⁹). Se presentan niveles de comparación como si estuviesen automáticamente jerarquizados, sin indicar que esta jerarquización depende de lo que uno quiera hacer con esos modelos. Estas aproximaciones no contribuyen a enseñar a los alumnos el buen uso de las cajas negras.

Para ser científica y técnicamente alfabetizado (como para ser un investigador eficaz), hay que aprender cuándo dejar cerrada una caja negra, o cuándo, al contrario, puede ser interesante abrirla... «¿Dónde, cuándo y cómo enseñar a los alumnos el buen uso de las cajas negras?»

3. 3 El buen uso de modelos simples

Este buen uso está vinculado a la apertura de las cajas negras: se trata de construir modelos simples pero pertinentes para un cierto contexto, evitando confundirse en teorizaciones inútiles para la situación precisa, sin dudar, sin embargo, en profundizar lo que, precisamente para el caso, lo merezca.

La utilización de modelos simples marca posiblemente una diferencia de prácticas importante entre las dos corrientes del pensamiento científico mencionadas más arriba. Los científicos disciplinarios (o «fundamentales») tienen tendencia a considerar un modelo simple (simplificado) como imperfecto. A menudo no ven que no se tiene, en ciencias, más que simplificaciones que terminan siempre en cajas negras no abiertas. Las ciencias disciplinarias enfocan entonces una síntesis teórica, de la cual creen a veces que tiene valor de verdad por ella misma, absoluto, independientemente de su historia y de su sentido en situaciones precisas. Por el contrario, los médicos, ingenieros, arquitectos y otros especialistas de las ciencias orientadas por proyectos estiman que el valor de verdad de un modelo debe siempre estar referido al contexto y a la finalidad del proyecto en el cual es considerado. Además, la gestión científica, para

⁹ A menudo, en los saberes disciplinarios, los profesores tienen de tal modo adquirida la «rutina» de un juego de criterios velados, que creen que una proposición como «describir la sangre» es precisa, sin tomar en cuenta que haría falta especificar en función de qué se hará la descripción: se podría decir: «Formular una descripción (o modelización) de la sangre, adecuada para comprender el fenómeno de la coagulación en caso de hemorragias»; o bien «Formular una descripción (o modelización) de la sangre adecuada para comprender las precauciones a tomar en caso de transfusión de sangre».

ellos, permite comprender mejor una situación y actuar sobre ella, si los modelos utilizados no están recargados de complicaciones inútiles (la inutilidad o la utilidad están siempre comprendidas en un contexto preciso). **La simplificación del modelo no es considerada como un inconveniente, sino como una necesidad.**

Esta simplificación —es decir esta reducción del modelo— es, por otra parte, esencial a todo pensamiento científico, aun el «fundamental». Las disciplinas están definidas por una manera de simplificar las cosas, vinculada a lo que se llama los paradigmas o las matrices disciplinares. Hacer ciencias es darse una representación simplificada y reduccionista de la complejidad del mundo (pensemos, por ejemplo, en la potencia de la simplificación que nos hace considerar la tierra como una esfera...). No es, pues, jamás de manera absoluta, sino únicamente en ciertos contextos, que se puede decir que un modelo es «demasiado simple». **Detenense en la complejización de los modelos es esencial para la gestión científica...**¹⁰

De ahí, otra pregunta: «¿Dónde, cuándo y cómo, se enseña a los jóvenes el uso de modelos simples?»

3. 4 El uso y la invención de modelos interdisciplinarios: los islotes de racionalidad

Nuestros cursos tradicionales son disciplinarios. El uso de disciplinas se ha revelado, en nuestra historia, como una potencia remarkable — volveremos sobre esto en el capítulo siguiente. Sin embargo, sabemos también que no hay casi problemas concretos que puedan ser abordados de manera pertinente por una sola disciplina. Por ejemplo, si queremos proceder a la aislación térmica de una casa, es necesario saber utilizar conjuntamente la física, la higiene, la biología, el derecho (¡atención a los seguros!), nociones económicas (¡los mejores materiales aislantes son demasiado caros!), la ética, la estética, la ecología y otras disciplinas. Si se trata de protegernos de la gripe, la biología, la física, la ética, la sociología y otros saberes¹¹ contribuirán a crearos un modelo teórico

¹⁰ Es por otra parte, a menudo, la excesiva complejidad de un modelo (pensemos en la astronomía de Ptolomeo) lo que estimula a los investigadores a reemplazarlo por otro. En esto también ciencias y tecnologías tienen procesos similares.

¹¹ Señalamos que esos saberes no son todos «científicos» (cualquiera sea la significación que se dé a este término). Los saberes de la vida cotidiana son esenciales en todo proceso concreto, y especialmente para el buen uso de los modelos científicos o técnicos.

conveniente a la situación. Y ocurrirá lo mismo si, culturalmente, queremos comprender alguna cosa de la teoría de la evolución o de la teoría de la relatividad. Finalmente, en lo concreto, como lo saben muy bien los buenos médicos o los buenos arquitectos, es necesario, en cada situación, inventar un modelo multidisciplinario adecuado para el caso en cuestión. Es lo que yo llamo —y volveremos sobre esto— un **islote interdisciplinario de racionalidad**¹². La construcción de tales modelos es capital, sea para comprender las situaciones, las tecnologías y las nociones que nos rodean, sea para actuar frente a ellas.

Se trata de inventar, frente a un proyecto, una modelización adecuada, suficientemente simple, pero utilizando conocimientos provenientes de diversas disciplinas —y también de saberes de la vida cotidiana— indispensables en las prácticas concretas. Notemos al pasar que, en general¹³ no se trata aquí de «descubrir» una teoría o un modelo, sino —como siempre en ciencia, aun cuando se haya olvidado— de inventar una teorización adecuada con referencia al proyecto.

Para representar ese tipo de proceso que me parece útil para la A.C.T. he propuesto un concepto, el de **islote de racionalidad** que designa una representación teórica apropiada a un contexto y a un proyecto que se tiene en perspectiva y permite comunicarse y actuar con referencia al mismo. La distinción de otras nociones importantes en pedagogía de las ciencias, como las de **niveles de representación** o de «**paliers**» de **integración**. En efecto, esos conceptos se refieren al sistema científico representado por una disciplina y reflejan las elecciones implícitas ligadas a su paradigma (o matriz disciplinaria). La noción de **islote de racionalidad**, al contrario, se refiere a un contexto y a un proyecto particulares, frente a los cuales uno encuentra interesante construirse una representación.

Como metáfora, esta noción evoca conocimientos emergentes en un océano de ignorancia. Construyendo un **islote de racionalidad** sabemos que, fuera de lo que se necesitará, nuestras representaciones se terminan sobre cajas negras. La noción evoca también la **racionalidad** en el sentido en que se enfoca un **modelo** discutible, modificable, eventualmente

¹² Definiremos con más precisión lo que nosotros entendemos por esta metáfora, que ha llegado a ser término técnico.

¹³ Se podría hablar del descubrimiento de una teoría o de un modelo solamente si se tratara de volver a encontrar un cuerpo ya socialmente establecido de saberes. Por ejemplo, tiene sentido decir que el físico «descubre» un día el cálculo tensorial (que ha sido ya inventado). Notemos sin embargo que, a menudo, la enseñanza de las ciencias consiste en hacer «descubrir» teorías científicas anteriormente «inventadas».

receptáculo, en función de su pertinencia respecto del proyecto que lo estructura (y no en función de una verdad abstracta y/o general).

Como práctica, la construcción de un islote de racionalidad implica que uno haga cruzar sus saberes provenientes de múltiples disciplinas y de los conocimientos de la vida cotidiana para estructurar un modelo (o una representación, o una teorización) interesante, dentro del contexto preciso (es decir una situación como el aislamiento térmico de una casa, un embarzo por vivir o la utilización de una noción como la de «microbio»). La eficacia (y luego el valor) del islote estará vinculada a su capacidad para dar una representación que contribuya a la solución del problema preciso del aislamiento de esa casa. Remarcamos que, para algunos (por ejemplo un ingeniero y un arquitecto especializado en la materia), este saber interdisciplinario teórico puede devenir tan complejo como el de una disciplina clásica, con numerosas ramificaciones¹⁴.

Lo que es esencial en este enfoque es que la teorización se hace en función de contextos y de proyectos particulares, y no en función de una verdad definida como general. Como para los médicos, ingenieros y arquitectos (al menos si practican inteligentemente su profesión!), es el proyecto lo que integra y estructura la teorización (modelización, representación) y no la síntesis previa de los científicos.

En esta perspectiva, la capacidad de construir islotes de racionalidad me parece esencial para la inserción más o menos autónoma de los ciudadanos en la sociedad.

Cuestión subsidiaria: ¿nuestras disciplinas clásicas no son islotes de racionalidad tan fecundos que han llegado a ser verdaderos continentes,

Sin embargo, muchos docentes pretenden que sus alumnos re-inventen ciertas teorías, lo cual es totalmente improbable; pero es exacto que se las hagan descubrir. Habría que evitar, en pedagogía de las ciencias, la expresión «hacer descubrir una teoría a los alumnos» si uno quiere decir con eso, como se suele hacer, que ellos han «re-inventado» una teoría como la de la gravedad: hacer *descubrir* una teoría a los alumnos tiene, por el contrario, sentido si se entiende por ello que descubren la fecundidad de una teoría inventada antes por la comunidad científica. A este respecto, ver: G. Pourrez: *La construction des sciences*. Ed. De Boeck, Bruxelles, 1992. Por otra parte, en la vida corriente, nos hace falta sin cesar *inventar* modelos interdisciplinarios (que yo llamo aquí «islotes de racionalidad»).

Por el contrario, se puede decir que se «descubre» su eficacia y pertinencia. Por ello se podría tal vez hablar de inventos-descubrimientos.

Ver también, en el lenguaje, las metonimias («escritorio», «cátedra», etc.).

¹⁴ Es así como emergen nuevas disciplinas: pensemos en el nacimiento y la evolución de la informática.

olvidando su origen y su situación de islas (y olvidando las cajas negras que les dieron origen?)¹⁵.

Importa, por fin, distinguir dos tipos de islotes de racionalidad: los que se organizan en torno a un proyecto, y los que se estructuran alrededor de una noción. De los primeros hemos ya hablado largamente: se trata de proporcionar una representación de las acciones posibles¹⁶. Los segundos tipos de islotes de racionalidad se parecen más a las perspectivas científicas tradicionales: se trata de proporcionarse una representación multidisciplinaria alrededor de nociones corrientemente utilizadas en nuestra cultura¹⁷. En ciertos casos, como el de la indigestión, comprender la noción está directamente ligado a un proyecto; en otros, la relación puede no ser percibida tan directamente y el conocimiento de un islote de racionalidad alrededor de una noción aparece más como un enriquecimiento cultural que directamente ligado a la acción. Además, los dos tipos de islotes merecen ser distinguidos según otro punto de vista. Frente a una situación en la que debemos actuar, nos es necesario inventar una representación tan adecuada como sea posible; mientras que una noción como la de energía ya ha sido estructurada por otros en la historia y no hay que inventarla, sino enseñarla.

La distinción entre los dos tipos de islotes de racionalidad puede ser ilustrada a través de una comparación con el uso de un programa de computación, como un procesador de texto. Si uno quiere aprender a escribir una carta con él, será necesario construir una suerte de islote de racionalidad alrededor de ese problema preciso. Para hacerlo, se sintetizarán

¹⁵ Para ir más lejos, consultar el artículo de C. Tilmans-Cabiaux y G. Pourrez en las actas de Chamoniix, 1990 o, más ampliamente, en el *Courrier du Cethes* de los dos últimos años. El libro de Hélène Guizot *Tout sur la congélation et les surgelés* (Livre de poche, n° 4177, 1975) me parece un bello ejemplo de un islote de racionalidad construido alrededor de un problema concreto: la autora construye allí una representación donde se mezclan constructivamente la física, la biología, la química, la ética, la economía, el derecho, experiencias de la vida corriente, etc.

¹⁶ Como ejemplos, nosotros hemos presentado cuestiones de la vida cotidiana: manejar un motor diésel en tiempo muy frío, utilizar alimentos congelados, protegerse contra el contagio de la gripe o del SIDA, hacer un fuego de leña o de carbón, reparar los fusibles, utilizar una computadora, saber seleccionar plásticos para reciclar, leer una prescripción para un medicamento, destapar una cafetera, utilizar un calentador de agua a gas, etc.

¹⁷ Como: la energía, el contagio, la conductividad, la velocidad, la radiactividad, la luminosidad, la circulación sanguínea, la derivada, una crisis cardíaca, una indigestión, la evaporación, la continuidad, la dietética, el teléfono, el avión, el abono, la relatividad restringida, la mecánica cuántica, etc.

de manera específica una serie de conocimientos vinculados a la vez con el programa y con el contexto de la carta a escribir. Al contrario, se puede comparar el aprendizaje del comando «cortar/pegar» con el estudio de un **islole de racionalidad** alrededor de una noción¹⁸ (se trata entonces de proporcionar un modelo teórico de esta noción). En definitiva, se pueden ver en el estudio del programa y de su estructura interna, puntos comunes con los de una disciplina.

Vinculada con esta noción de **islole de racionalidad** hay una cuestión de sentido. Para enseñar a John, no es suficiente con conocer la física que uno quiere enseñarle; no es suficiente aun agregarle un buen conocimiento de su psicología; es necesario también saber y decir por qué, en vista de qué y para quién es importante, en nuestra sociedad y en nuestra época, que John aprenda eso que se quiere imponerle como aprendizaje.

De nuevo una cuestión: «¿Dónde, cuándo y cómo se enseña a los jóvenes a inventar, frente a situaciones que les interesen, **isloles interdisciplinarios de racionalidad** (o algo equivalente)?»

3.5 El buen uso de las metáforas o comparaciones

Para muchos científicos y docentes las metáforas no tienen buen carter: comparar, o utilizar imágenes, no parece ni serio ni muy científico. ¿No es necesario, se dice a veces, enseñar a los jóvenes a desconfiar de las imágenes y a utilizar solamente conceptos verdaderamente científicos?

Un discurso tal olvida que en su origen los conceptos científicos fueron necesariamente metáforas. Se ha hablado de célula en biología, pensando en las pequeñas celdas de los monjes¹⁹; de fuerza en física, refiriéndose a la fuerza de un brazo; de sistema en economía, pensando en los sistemas físicos; ellos mismos provenientes del sistema de vigas

¹⁸ En este ensayo, el término «noción» designa los modelos y representaciones teóricas vinculadas a los lenguajes cotidianos. Para una explicación epistemológica de este uso. Cf. G. Fourerz, *La construction des sciences*, Ed. De Boeck & Ed. Universitaires. Bruxelles & Paris, 1992. pp. 197 a 206.

¹⁹ Hoy, para hablar de la célula, se utiliza cada vez más la metáfora de la «usina». Uno podría preguntarse lo que sería la biología si, en lugar de hablar de «células» (lo que uno dice ver «directamente» en el microscopio) se hablara, por ejemplo de «usinitas», y después se olvidara la metáfora para pretender que es una noción de base.

de un carpintero, etc. Como lo muestra Isabelle Stengers²⁰ nuestros conceptos científicos son metáforas «endurecidas» y de uso **estandarizado**, cuyo origen se ha perdido al punto de creer que son nociones fundamentales. Estas metáforas, nómades, circulan, por otra parte, de una a otra disciplina.

De modo opuesto al funcionamiento viviente de los caminos científicos donde la comparación tiene un lugar central (como lo demuestran frases como «todo pasa como si...») ciertos docentes parecen ejercer el **terrorismo de los conceptos absolutos**, lo que produce el efecto de matar en el germen la inventiva teórica de los alumnos.

Sin embargo, es importante también mostrar a los alumnos la eficacia y la riqueza, en contextos adecuados, de estas metáforas socialmente estabilizadas que llamamos «conceptos científicos». Mostrar el carácter fundamentalmente metafórico de las nociones científicas no implica, pues, que uno las desprecie o que no juzgue oportuno enseñarlas: es necesario hacer «descubrir» a los jóvenes maneras de ver que, en nuestra historia, se han mostrado tan fecundas que hoy sería insensato querer pasarlas por alto. Recordemos, por ejemplo, el origen metafórico de nociones como aislante y conductor eléctricos, lo fructífero de su uso y las precisiones aportadas por su utilización en contextos precisos y socialmente definidos (incluso controlados en laboratorio).

Una vez más, una cuestión: «¿Dónde, cuándo y cómo se enseña a los jóvenes la fecundidad y la potencia del pensamiento metafórico y su socialización?»

3.6 El buen uso de las traducciones

Vinculado con el uso de la metáfora; está el de la traducción. Para estudiar un problema, es necesario siempre traducirlo de un contexto al otro. Así, el «dolor de barriga» de alguno será traducido por el médico como un «dolor de estómago», luego eventualmente retraducido como una hiperacididad gástrica (o un «surmenage»!), etc. Esos procesos de traducción (y de equivalencia) son esenciales en la construcción de las ciencias, así como las tecnologías están siempre fundadas sobre la creencia de que se puede traducir adecuadamente una demanda social en

²⁰ En: *D'une science à l'autre*, op. cit. y en I. Stengers & J. Schlanger *Les concepts scientifiques: intention et pouvoir*, La Découverte, Paris, 1989 (red. en col. «Folio-Essais», Gallimard, Paris, 1991).

dispositivos prácticos concretos. Importa, pues, hacer aprender detalladamente cómo los pensamientos científicos están fundados sobre una red de traducciones²¹.

3. 7 El buen uso de la negociación

Desenvolverse en un mundo científico y técnico es aprender un arte que los científicos y los tecnólogos han desarrollado de una manera específica: el de la negociación²².

A menudo, cuando se habla de negociaciones, uno imagina principalmente, si no únicamente, grupos humanos defendiendo sus intereses y haciendo compromisos a propósito de ellos. Las cosas no intervienen. Sin embargo, en la práctica no es así: muy a menudo, durante las negociaciones, son las «cosas» las que van a intervenir para llegar a un acuerdo. Así, en una situación donde algunas personas desean vehículos rápidos, otras, automóviles económicos, las «cosas», representadas por técnicos, pueden intervenir proponiendo nuevos tipos de medios de transporte. También los científicos, enfrentados, por ejemplo, con las dificultades de encontrar estadísticas sobre la producción industrial de un país, podrán buscar una alternativa definiendo de otra manera los productos que se censarán. Lo mismo un físico, regulando un aparato, aprenderá a negociar con él sus medidas. Las prácticas científicas y técnicas son entonces el producto de «negociaciones». Un «alfabetizado

²¹ Por ejemplo, la tecnología del horno de microondas está fundada, entre otras traducciones, sobre una cadena de relaciones de equivalencia que se podrían enunciar como sigue: agitación electromagnética de las moléculas de agua en los alimentos, agitación térmica de esas moléculas de agua, calentamiento del alimento, cocción del alimento, propiedades gustativas y digestivas de los alimentos. Durante la cadena de traducción se pasa de un nivel de interpretación a otro. Aquí, la cadena dada como ejemplo es sobre todo científico-técnica, pero se podría examinar la cadena de traducciones que establece un lazo entre el horno a microondas y la posibilidad de utilizar mejor los restos de cocina. Cf. Ch. Tilmans-Cabiaux «Modéliser le flou du quotidien: les opérations de traductions», en *Actes de las XIV Jornadas Internacionales de Chamouix*, ed.: A. Giordan, J. L. Martinand y D. Raichvarg, Chamouix, 1992, pp. 191-197. El autor distingue allí notablemente las traducciones en el cuadro de una misma disciplina (v. g. traducir la fragilidad de los supercongelados en términos químicos) o entre diversas disciplinas (v. g. traducir la misma fragilidad en términos económicos).

²² Aquí todavía se trata evidentemente de una metáfora que, en socio-epistemología, llegó a ser un concepto técnico.

científica y técnicamente» será alguien que, en lugar de recibir pasivamente las normas o las cosas, llegará a negociar con ellas. Este aprendizaje de tales negociaciones es esencial para que pueda tenerse el sentimiento (y la realidad) de una cierta autonomía en el mundo científico-técnico en el que vivimos.

De allí surge un nuevo interrogante: «¿dónde, cuándo y cómo enseñamos a los jóvenes a negociar teniendo en cuenta las cosas?».

3. 8 El buen uso de la articulación entre saberes y decisiones

Estar científicamente alfabetizado es, pues, saber cómo utilizar sus conocimientos cuando se debe tomar una decisión, y no enfocarlo únicamente un conocimiento que no tiene valor más que en una «torre de marfil». Sin desestimar la importancia cultural de nuestros saberes, es necesario también poderlos utilizar en la existencia concreta. Por ejemplo, se trata de decidir las medidas de protección que adoptará un individuo con referencia a la transmisión del SIDA, o en el debate político democrático para decidir la manera en la que la sociedad va a protegerse colectivamente contra esta enfermedad. O cuando es necesario criticar creencias relativas al origen del mundo. Cada vez, para esclarecer la acción, es necesario disponer de una representación de los escenarios posibles, o, en otros términos, de un islote de racionalidad adecuado. Sin tales saberes racionales y discutibles, se tiene el riesgo de ver a los individuos y a las colectividades a merced de la emotividad pura y de los rumores desenfrenados.

Los procesos científicos y tecnológicos son un aporte considerable para los debates éticos y/o políticos. No se trata de que las representaciones científicas o tecnológicas nos impongan algún día una decisión ética o política²³, sino que ellas nos dan elementos para comprender mejor tanto las posibilidades que se ofrecen a nuestras libertades, como las consecuencias de nuestras elecciones posibles. A menudo, las ciencias y las tecnologías aportan esclarecimientos que impiden que ciertos debates se atasquen en dilemas inadecuados. Y en buen número de casos, el conocimiento científico-técnico es suficiente para cerrar ciertos debates éticos o políticos²⁴.

²³ Eso sería la tecnocracia y abuso de saberes, lamentablemente demasiado frecuentes.

Surge así una nueva cuestión: «¿Dónde, cuándo y cómo enseñamos a los jóvenes a saber articular decisiones con saberes científicos o tecnológicos?».

3. 9 El buen uso de los debates técnicos, éticos y políticos

Estar científico-técnicamente alfabetizado supone que uno puede utilizar los modelos científicos o tecnológicos durante las tomas de decisiones. Pero esto implica también que se evite la confusión entre estos dominios. La A.C.T. deberá, pues, dedicarse a enseñar la diferencia entre la técnica, la ética y la política²⁵. Se puede, en efecto, hablar de debate técnico cuando se examinan los medios de una acción y se estima que la elección de ellos tiene poco impacto sobre las posturas que adoptamos en nuestras existencias. Así, la compra de un automóvil de una marca o de otra es a menudo una acción puramente técnica. Pero cuando se considera la decisión de divorciarse, se hablará de un debate ético en la medida en que compromete el sentido de nuestra existencia y nuestros valores (sin embargo, puede ser que se deje a un abogado el cuidado de ciertas elecciones técnicas)²⁶. Y, por otra parte, cuando se busca un compromiso aceptable entre los grupos que no compartan necesariamente los mismos valores y los mismos proyectos, se hablará sobre todo de un debate político (por ejemplo, cuando se intenta establecer una ley para manejar la cuestión de la interrupción voluntaria del embarazo o la del uso de la droga).

Estar alfabetizado científico-técnicamente implica la capacidad de no confundir estos tres debates, y sobre todo de evitar creer que se puede siempre reemplazar las deliberaciones éticas y políticas por reflexiones técnicas. Esto implicaría, en una cultura tecnocrática (es decir en una

²⁴ Por ejemplo, los desarrollos de la medicina, con el aporte de nuevas soluciones, pueden tornar enteramente obsoletas algunas discusiones éticas anteriores. Es por eso que algunos creen —equivocados, a mi entender— que el simple conocimiento casi directamente al juicio ético: así, cuando se conocen las consecuencias para el entorno del vertido de productos tóxicos en un arroyo, se deduce casi automáticamente que, según la ética más comúnmente aceptada, sería inmoral efectuarlo.

²⁵ Cf. G. Fourez: «Formation éthique et enseignement des sciences» en *Ethica*, vol. 5, n° 1, 1993, Rimouski (Québec), pp. 45-65.

²⁶ Notemos que decretar que una decisión es técnica o ética supone —por lo menos implícitamente— un juicio ético por el cual se decide tratar una cuestión como comprometiéndola o no el sentido de nuestra historia humana.

sociedad donde se cree poder fácilmente reducir todas las negociaciones a discusiones técnicas), una educación que no se realiza por completo nunca. Se cree demasiado fácilmente, por ejemplo, que la elección de un régimen alimentario es puramente técnica, mientras que también involucra otros valores: o que, cuando se ha mostrado que una cierta manera de eliminar los residuos pone en peligro los peces de un río, se sabe, automáticamente, qué política seguir. Bajo pena de ponerse, al fin de cuentas al servicio de una gran mistificación, la A.C.T. debe educar a la población para ver más claro en estas tomas de decisión.

4. ¿Cómo no ocultar ni los proyectos, ni el sentido?

Las consideraciones de las secciones precedentes han valorado la importancia de los proyectos que encaminan las teorizaciones científicas. Esos proyectos han sido tradicionalmente velados en las exposiciones científicas disciplinarias. La ilusión de buscar una verdad científica absoluta hace olvidar que se teoriza en cada caso en un contexto, y jamás en lo absoluto. La particularidad de los proyectos científicos es entonces ocultada (lo que proporciona, por otra parte, una fuerte dimensión ideológica a esas enseñanzas porque en ellas uno presenta representaciones vinculadas a situaciones particulares como si fueran generales).

Los ejemplos de tales «abusos de saber» son frecuentes. Ya he hecho alusión a un manual de física que pretendía «probar que la distinción entre aislantes y conductores es un hecho» (sic); sin mencionar que es una buena ocasión de decir que se va a «mostrar que existen situaciones donde puede ser interesante distinguir los materiales en 'aislantes' y 'conductores'». También, cuando un programa escolar propone que se estudien las «principales partes del esqueleto» sin precisar en función de qué proyectos uno encontrará esas «principales» partes. Estas omisiones proceden de que, a causa de un condicionamiento muy antiguo —pero que no comparten necesariamente los alumnos— los docentes de ciencias están de acuerdo sobre lo que ellos llaman las partes principales del esqueleto, y no consideran útil precisar los criterios particulares utilizados. Por otra parte, es a menudo bueno recordar el proyecto o el contexto que ha hecho emerger uno u otro concepto. Por ejemplo, el de esqueleto, ¿no está ligado

a lo que resta en el ataud después de un siglo más que a un estudio de los movimientos corporales?

Desde esta perspectiva, se puede encontrar interesante subrayar la ambigüedad de las nociones de niveles de representación o de pisos de integración cuando se cree que ellos son automáticamente jerarquizados, independientemente de los contextos. Así, un punto de vista bioquímico sobre la respiración no refleja un nivel más profundo que el que habla de la ventilación de los pulmones; refleja otro. Se pueden también integrar representaciones de diferentes puntos de vista. Las que utilizan las disciplinas son a menudo muy fecundas. Pero cuando se afirma a los alumnos que ellas son automáticamente «las únicas buenas» no solamente se los engaña, sino que se los hace dependientes de la manera en que los científicos enfocan las cosas. Y en muchas situaciones, sería más interesante para los alumnos integrar sus saberes según otra perspectiva que la de las disciplinas. Esto lo saben los «buenos» ingenieros, médicos y arquitectos, pero no siempre los docentes en ciencias, aun los «buenos».

Importa, pues, poner a menudo en evidencia los criterios y los proyectos subyacentes tras los procesos científicos. Como ejemplo, citaría un programa en el cual se prescribiría a los docentes enseñar a los jóvenes alumnos a «observar, medir-comparar, seriar-clasificar» como si tales procesos estuvieran determinados en sí mismos. ¿No sería mejor decirles, por ejemplo: observar utilizando técnicas particulares de observación - medir en función de criterios que parezcan interesantes - comparar según lineamientos seleccionados - seriar en relación a objetivos - clasificar según una representación teórica aceptada?

El ocultamiento sistemático de las elecciones, de los criterios y de las situaciones que permiten la actividad científica tiene el riesgo de generar la dependencia de los alumnos, así como una profunda pérdida de sentido. Una dependencia, porque el rumbo implica entonces el juego consistente en encontrar lo que los profesores (o los científicos) tienen en su cabeza, por ejemplo cuando demandan que se efectúe «una» comparación. Una pérdida de sentido, en la medida en que se encuentran ocultos la finalidad y el contexto de la actividad.

Una enseñanza no contextualizada de los modelos científicos, ¿no sería el origen de la reacción de mi ahijada cuando me decía, como lo he mencionado antes, que la física no le interesaba, que no servía para nada, y que no se preocupaba más que de lo que apasionaba a los científicos (¡pero no a ella!)?

5. Nuestras representaciones de las ciencias y de las tecnologías como obstáculos

Acercándose a la conclusión de este capítulo, uno podría interrogarse sobre las dificultades que tienen ciertos profesores de ciencias en establecer un lazo entre el contenido de su enseñanza y la sociedad. Me parece que a este respecto, sería útil que nosotros mismos considerásemos cómo la pedagogía ve frecuentemente a nuestros alumnos. Se sabe, en efecto, que muchas veces lo que impide aprender a estos últimos son sus antiguas representaciones que continúan ocupando el terreno, aun cuando les sean presentadas las nuevas que, según nosotros, les serán útiles.

¿No nos ocurre lo mismo a nosotros? ¿Nuestras representaciones de las ciencias y de las tecnologías no serán un obstáculo para las renovaciones pedagógicas sin embargo necesarias? Yo me pregunto si, a veces, nosotros no continuamos, aun bajo entornos constructivistas, transmitiendo una representación de las ciencias como búsqueda de una verdad general, independiente de las situaciones, de la historia, y de los proyectos que han hecho interesante esta verdad particular²⁷. ¿Acaso a veces también nosotros no continuamos pensando las tecnologías como saber-hacer práctico, en el cual no hay casi lugar para teorizaciones profundas? Si nosotros tenemos representaciones cercanas a éstas, ¿es asombroso que nuestros cursos de ciencias y de tecnologías aparezcan, a los ojos de los alumnos, ya sea desprovistos de sentido, ya sea como un simple aprendizaje de recetas prácticas?

6. En conclusión, ¿cuál es la formación para una A.C.T.?

Embarcarse en un proyecto de alfabetización científico-técnica no puede hacerse a la ligera. Aun cuando los estudios han mostrado que esto se puede hacer sin perjuicio para la formación científica tradicional y

²⁷ Cf. a este respecto G. S. Aikenhead & A. G. Ryan, *The Development of a multiple choice instrument for monitoring views on science-technology-society topics*. Dept. of Curriculum Studies, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

para una buena preparación de los alumnos de enseñanza superior²⁸, uno no puede lanzarse a tal proyecto sin ninguna preparación. Lo que he dicho anteriormente indica algunos elementos de formación (inicial o continua) que será necesario promover dentro de esta perspectiva. Voy a resumirlos como conclusión de esta comunicación.

✓ *Una formación en epistemología*: la alfabetización científico-técnica supone, de parte de los docentes, una epistemología renovada, en el sentido de un constructivismo consecuente. Se trata de ver cómo la teorización científica nace en una situación y centra su validez en la capacidad que ella le confiere para representarse ese contexto de una manera adecuada y fecunda con referencia a los proyectos de acción y de comunicación que se tengan.

✓ *Haber llevado a término, por lo menos una vez en su vida, un proyecto interdisciplinario integrado*: demasiados docentes todavía hoy tienen miedo de abordar la complejidad del mundo porque ellos no han estado formados nada más que para verlo a través de las lentes de una sola disciplina. Se trataría entonces de tener, una vez por lo menos, construida una representación de una situación integrando elementos físicos, ecológicos, biológicos, económicos, éticos, jurídicos, etc. En otros términos: haber construido por lo menos una vez un **islote interdisciplinario de racionalidad** alrededor de una situación.

✓ *Conocer el modo de pensamiento tecnológico*: demasiados graduados en ciencias de las llamadas «fundamentales» no saben cómo piensa un ingeniero, un médico o un arquitecto. Haría falta que nuestros futuros docentes lo supieran.

✓ *Haber aprendido a participar en el debate (interdisciplinario y político) sobre el sentido de la enseñanza científica*: si muchos profesores de ciencias saben por qué, en vías de qué y para quién enseñan, hay también otros que se ven a sí mismos como puros instructores de disciplinas científicas (pueden, por otra parte, estar dotados de un excelente sentido pedagógico). Para que el aprendizaje tenga sentido para los jóvenes, me parece esencial que sus profesores hayan ya intentado verbalizar las razones que llevan a promover un pensamiento científico y técnico en nuestra sociedad. Para ello, tienen

²⁸ Cf. a este efecto, el estudio de G. S. Aikenhead aparecido en el número de abril de 1992 del *Courrier du Cethis*, en el cual muestra, apoyado en encuestas, que los cursos llamados «C.T.S.» no ocasionan ningún perjuicio a la formación científica tradicional de los alumnos, especialmente de los más brillantes.

necesidad de una formación tendiente a habilitarlos para poder participar en debates sobre las **finalidades de la enseñanza científica**. Se pueden tener muchas razones para promover la alfabetización científico-técnica. Entre ellas, encontramos, especialmente, razones humanistas (la autonomía del individuo y sus posibilidades de actuar y de comunicar) y razones económicas (la producción de ingenieros y de una mano de obra calificada en general). Los docentes en ciencias tendrán que encontrar su camino entre estas finalidades. Sin embargo, y es el objeto de este capítulo resaltarlo, **una alfabetización científico-técnica debe pasar por una enseñanza de las ciencias en su contexto y no como una verdad que fuera un mero fin en sí misma**. Alfabetizar científico-técnicamente... más bien significará, sin duda, que se tendrá conciencia de que las teorías y modelos científicos no son nunca bien comprendidos si no se capta por qué, en vías de qué, y para quién se han inventado...

¿Las ciencias se deben enseñar por disciplinas?

Hoy las ciencias se enseñan principalmente por disciplinas, especialmente la física, la química, la biología, la matemática (con un debate para saber si se la considera como una ciencia o como una disciplina aparte), y la geografía (disciplina a caballo sobre las ciencias de las «facultades de ciencias» y las ciencias humanas). Esta orientación se confirmó durante estos últimos años con la tendencia a confiar los cursos de cada rama a los graduados de cada disciplina (aunque, en la práctica, hay, por ejemplo, biólogos enseñando química y viceversa). Es, como lo hemos visto, la orientación de la política escolar de una buena parte de los países occidentales en este momento de su historia.

Cierto número de voces se han elevado para decir que la formación de base en la enseñanza primaria y secundaria no debería necesariamente ser disciplinaria¹. Este capítulo va a retomar, bajo un ángulo más práctico y más histórico, cuestiones ya consideradas en el capítulo precedente sobre las finalidades de los cursos de ciencias y de tecnologías, para articularlas en torno del debate: «Las ciencias, ¿deben enseñarse por disciplinas?»².

¹ Así, el especialista sueco en educación Torsten Husén, se pregunta: «Los conocimientos estructurados por las disciplinas, ¿son más útiles a largo plazo que una reestructuración *ad hoc* que contribuya a abordar los problemas reales, aun los que no han sido previstos?» en Universidad y Crisis, Ed. UCA Mangüa, 1992, p. 86. Lo mismo, el libro blanco de la American Association for the Advancement of Science: *Science for All Americans* (AAAS Washington DC, 1989) vuelve a poner en discusión los programas disciplinarios actuales, para proponer otra aproximación, vinculada a lo que los americanos llaman la «Scientific Literacy». Con esta última expresión, ellos designan la cultura necesaria *para todo* ciudadano para que no sea demasiado dependiente en nuestra civilización científico-técnica. Esta cultura, según Science for All Americans, supone suficientes conocimientos científico-técnicos, pero también, y tal vez sobre todo, un saber-hacer que permita articular conocimientos con decisiones de la vida corriente. Se puede sin duda criticar de múltiples maneras este libro blanco de la AAAS, pero el simple hecho de que la muy poderosa *American Association for the Advancement of Sciences* haya considerado importante publicar tal obra es en sí muy significativo. También es importante el punto de vista que se defiende aquí, y que afirma que *para la mayor parte de los ciudadanos, lo importante no es conocer mucho, sino saber manejar seriamente las nociones-clave*.

² Este capítulo está escrito especialmente para abordar en los capítulos 8 y 9

1. El contexto de la enseñanza por disciplinas

La política de la enseñanza científica actual se justifica a menudo con el nombre de una «formación adecuada para los alumnos». En la práctica, esta política no está basada solamente sobre consideraciones educativas, sino también sobre las ideas anteriores. Las disciplinas científicas están establecidas en nuestra sociedad desde hace por lo menos dos siglos; han servido de base para la definición de ciertas carreras científicas, les han proporcionado una identidad y una profesión. Hay allí toda una organización de los saberes de la sociedad, que tiene su peso³.

Cierto malestar vinculado a la enseñanza disciplinaria no data, sin embargo, de ayer. Así, al principio de los años setenta, con la puesta en marcha en Francia de la reforma Haby y del «renovado» en Bélgica, se ha asistido a tentativas de aproximaciones interdisciplinarias. Pero, según la opinión de muchos, a menudo fueron fracasos (dejando de lado los casos particulares en los que, con frecuencia bajo el impulso de docentes destacados, se puso en marcha con éxito una pedagogía del proyecto).

Estos fracasos son comprensibles en principio, dada la dificultad de tal aproximación. Además, porque la universidad ha formado muy poco a los docentes para este tipo de trabajo. Más aún, no se sienten valorizados

³ Esta estructuración de los conocimientos en disciplinas científicas que se presentan como totalidades de saberes organizados no se limita a representaciones puramente intelectuales, sino que tiene también una dimensión sociocultural. En efecto, la disciplina científica ha definido una identidad que es adquirida por los licenciados en el curso de sus cuatro años de formación. Esta identidad induce al sentido estrictamente sociológico de los intereses. Todo esto da a las profesiones científicas su valor en la sociedad, pero también su pesidez. Toda modificación de los programas de enseñanza deberá tener en cuenta estos elementos, so pena de jugar al aprendizaje de brujío.

en él porque a lo largo de sus estudios se les ha enseñado a dar importancia sobre todo a las investigaciones disciplinarias de punta. A veces, por otra parte, tales tentativas se hacen bajo la égida de una **ideología de la espontaneidad** que no se acompaña siempre del rigor necesario para llegar a resultados tangibles. Habrá que reflexionar sobre las razones que han hecho que la pedagogía, a través de la resolución de problemas concretos, bien conocida en las ciencias de la educación, haya tenido poco impacto sobre las enseñanzas científicas en el secundario.

Se puede también calificar de reveladora la manera en que han variado (poco) los **contenidos de los cursos de ciencias**. Han sido, ciertamente, a menudo modificados para adaptarlos a los desarrollos de las ciencias. Pero, en buena parte de ellos, la **estructura de base** de los cursos de matemática, de física y, sin duda, de química, datan del siglo XIX. Se encuentran a través de los años clasificaciones similares en subdisciplinas o en capítulos distintos (como la óptica, la electricidad, las ecuaciones de segundo grado, los ácidos, etc.). En biología, en compensación, las estructuras parecen menos estables. Sin duda es porque esta última disciplina ha modificado de manera significativa sus paradigmas y su lugar en la sociedad en las últimas décadas.

Siempre parece existir cierto consenso, tal vez un poco demasiado fácil, sobre lo que es enseñar la matemática, la física o la química. Un poco menos para la biología. A menudo, el **contenido de la enseñanza parece evidente**. (Y esto a pesar de los esfuerzos destacables de ciertos manuales para mostrar la repercusión de las ciencias sobre la economía o la vida de las personas).

La **didáctica de las ciencias**, cuerpo de disciplina naciente, utiliza generalmente los aportes de la pedagogía y de la epistemología para ver cómo formar a los alumnos en los cursos de ciencias. **Plantea poco la cuestión de las finalidades** de la enseñanza disciplinaria. Las que son generalmente propuestas para los cursos de ciencias se reducen a menudo a dos: proporcionar claves para responder a **cuestiones científicas** y **técnicas de la vida cotidiana**, y desarrollar **actitudes y métodos de pensamiento** que se parezcan a aquellos que los científicos ponen en práctica en sus laboratorios⁴. Así planteada, la didáctica de las ciencias

contemporánea—por lo menos su «escuela» francófona—parece aplicarse a un problema más simple. Se presupone—con razón—que los alumnos tienen representaciones «espontáneas» del mundo que difieren de las de los científicos. El objetivo de la enseñanza científica es entonces **prácticamente definido como el pasaje de las representaciones espontáneas de los alumnos a las de los científicos**. Estas últimas son a veces consideradas en la práctica como una suerte de ideal frente al cual las otras no tienen más que un interés menor. En el mejor de los casos, entretanto, los docentes insisten sobre la particularidad de los modelos científicos⁵.

El contexto y las finalidades de la enseñanza de las ciencias deben también tomar en cuenta que **los alumnos tienen por delante diferentes futuros**. Una pequeña minoría se dirigirá hacia **profesiones científico-técnicas**. Para los últimos, sin duda, una enseñanza disciplinaria puede ser considerada como una excelente preparación para la universidad (aunque esta inquietud sea una novedad: tradicionalmente, las facultades de ciencias esperan más bien espíritus bien formados antes que el conocimiento de numerosos prerrequisitos). Para la mayoría de los alumnos, ya sea que se orienten hacia **estudios más literarios**, o que no continúen los estudios, se sabe que la mayor parte de los **contenidos disciplinarios** de la enseñanza de las ciencias serán olvidados. Sólo pueden subsistir de manera significativa actitudes y capacidades de abordar cuestiones que impliquen dimensiones científico-técnicas.

Uno puede preguntarse si una parte del problema no está esclarecido por una experiencia realizada durante varios años consecutivos con estudiantes de licenciatura en ciencias, a quienes se preguntaba lo que ellos podrían realizar con sus conocimientos en su disciplina de base. La respuesta era generalmente que estos no eran más que **poco utilizables en lo concreto**. Aquí se plantea una cuestión: si estos «especialistas» estiman que son poco capaces de utilizar sus saberes, ¿qué deben pensar los alumnos del secundario para quienes las ciencias no son el centro de interés? Algunos agregaban que lo importante era la formación general que habían recibido. ¿Era éste un análisis adecuado a su situación o una racionalización fácil para defender la formación en la cual habían invertido tanto? La cuestión es tanto más pertinente ya que el concepto de formación general es, en esta situación, utilizado de una manera particularmente ambigua.

⁴ Cf. *La didactique des sciences*, de J. P. Astolfi y M. Develay, PUF, col. Que sais-je, París, 1989, p. 23. Puede ser revelador de las finalidades concretas de la enseñanza de las ciencias, que los autores hablen de métodos puestos en práctica por los científicos *en su laboratorio*, y no *en la sociedad* (y esto, aunque para la mayoría de las personas las realizaciones de las ciencias se evalúan en la sociedad).

⁵ Uno puede interrogarse también, según este esquema, acerca del lugar otorgado por la didáctica de las ciencias (aquí, tanto como disciplina y como práctica) a las *representaciones de los tecnólogos*.

No es sin duda asombroso que los jóvenes sólo tengan pocas ocasiones de utilizar sus conocimientos científicos en su universo cotidiano, porque, en la enseñanza general, aparte de las secciones «tecnologías», se constata la ausencia casi total de formación en las técnicas. Lo que está, por otra parte, vinculado al hecho de que la mayor parte de los licenciados en ciencias no tienen ninguna formación en las técnicas.

Desde ese punto de vista, un fenómeno cultural es significativo: la mayor jerarquía, a menudo afirmada espontáneamente, en la enseñanza general en todo caso, de la formación proveniente de una ciencia disciplinaria con respecto a la que proviene de una técnica. Es así que, para muchos docentes de ciencias, las «ciencias disciplinarias» abren a una dimensión teórica y a la cultura, mientras que las técnicas son a menudo consideradas como actividades «menos nobles», menos formadoras de lo humano, más «manuales», finalmente subalternas (tanto en la jerarquía intelectual como en la jerarquía del trabajo). Volvemos sobre esto cuando enfoquemos la enseñanza tecnológica y la cultura tecnológica.

2. Una evolución histórica de los caminos científicos y sus bifurcaciones

Estas consideraciones conducen también a preguntarse si la estructura de los saberes científicos en disciplinas es algo absoluto, o bien el resultado de una evolución histórica que habría podido ser diferente. A esto, los desarrollos recientes de la filosofía y de la sociología de las ciencias dan una respuesta cada vez más unánime: las ciencias son las respuestas aportadas por los humanos a las cuestiones que ellos se plantean. Habrían podido plantearse otras «disciplinas científicas». Se puede a este efecto comparar la evolución de las ciencias con la de las tecnologías: ellas son también respuestas a situaciones históricas (nada nos dice, por ejemplo, que la evolución del motor a explosión debía necesariamente hacerse como se hizo).

Así, nosotros hemos mencionado en el capítulo precedente que si los seres inteligentes hubieran vivido en el agua, como los delfines por ejemplo, su «física» habría considerado el frotamiento como esencial a todo modelo

teórico interesante, mientras que la noción de gravedad habría sido más bien secundaria (lo que quiere decir que la «física de Galileo» no habría sido, sin duda, jamás inventada por esos delfines «físicos»). Se puede así considerar a las ciencias como tecnologías intelectuales que los humanos han desarrollado para poner orden, sentido y eficacia en su universo. Sin embargo, constatar el carácter relativo de las disciplinas científicas no es darles menos importancia (de la misma manera, por otra parte, que reconocer el carácter relativo de la arquitectura gótica no significa para nada denigrarla)⁶.

En principio, se supone que la aproximación de los «hombres del arte» —es decir de aquellos cuyas prácticas están orientadas alrededor de las ciencias en base a proyectos— respeta mejor la complejidad de las situaciones. Pero sus éxitos están también mitigados, tanta es la fascinación que ejerce la especialización (o es más fácil). Es por esto que muchos lamentan que los médicos estén formados de manera tal que no logran fácilmente tener en cuenta factores no fisiológicos. Algunos dicen, igualmente, que si los ingenieros llegan a menudo a cruzar bien los imperativos técnicos y económicos, quedan a veces sin recursos cuando se trata de abordar dimensiones psicológicas o sociales, aun cuando ellas tengan fuertes repercusiones sobre sus prácticas profesionales. Esto es lo que hace que los arquitectos, más que muchos otros profesionales, sean capaces de integrar múltiples dimensiones en sus proyectos; esto puede ser verdadero, pero se sabe también cuántas personas se quejan de su arquitecto. La adaptación de los procesos científicos a situaciones complejas y a contextos abiertos no es evidente por sí misma.⁷

Entre las dos corrientes —la de la ciencia pura y la del «arte»— se instalan también extraños sentimientos de estima, de desconfianza y de envidia. Así, los «hombres del arte» están a veces subyugados por la verdad «pura» de las ciencias. Ellos tienden a legitimarse invocándola... aunque mostrando desprecio por la incapacidad de los científicos para adaptarse a lo «concreto».

Para nuestro propósito importa sin duda retener que, finalmente, sólo la corriente disciplinaria está representada de manera significativa en el secundario «general», mientras que en el técnico y en el profesional las

⁶ Sobre la cuestión de las disciplinas, de su relatividad, de su eficacia, y de sus paradigmas. Cf. el capítulo V de G. Fourez: *La construction des sciences*, Ed. De Boeck, Univ. Bruxelles, 1992.

⁷ Cf. I. Stengers: *L'invention des sciences modernes*, Ed. La Découverte, Paris, 1993.

«técnicas del arte» son a menudo reducidas a recetas, y consideradas como menos transmisoras de pensamiento teórico, de cultura y de valor humanista. El aspecto simplificador de las ciencias disciplinarias y de los laboratorios deberá también concitar nuestra atención, pues algunos estiman que es necesario en principio manejar esos saberes disciplinarios antes de lanzarse a la complejidad de las negociaciones de la interdisciplinariedad. Nadie duda de que las disciplinas científicas introducen al menos cierto tipo de pensamiento científico y teórico. Importa comprender la fuerza y los límites del mismo.

3. Las disciplinas científicas y el pensamiento técnico

Las disciplinas científicas pueden ser consideradas como conjuntos organizados de modelos teóricos. Ellas permiten comunicaciones en las que se sabe de qué se habla. Y, a condición de seguir lo suficiente las reglas socializadas vinculadas a los conceptos científicos, es posible realizar intercambios en los que se puede discutir, y que se distinguen bien de las «prescripciones».

Por otra parte, como lo ha mostrado Isabelle Stengers, las disciplinas científicas bastante antiguas se basan en conceptos «endurecidos»⁹ que se consideran como si fueran evidentes, y prácticamente como abstracciones válidas por encima de todo contexto. Se olvida, entonces, que uno se ha relacionado con un modelo teórico creado en un contexto preciso, para crear que se habla de las «cosas en sí». Se puede, por ejemplo, crear que los conceptos de electrón o de valencia o de conductividad son nociones de base dadas de una vez por todas. En ese momento, cuando está suficientemente estandarizado y estabilizado, el concepto científico funciona como una «prescripción» más que como un modelo teórico (lo que no acarrea solamente inconvenientes, ya que después de todo los fenómenos automáticos también tienen su utilidad). Como gusta recordar el físico J. M. Levy Leblond, se habla a menudo de

una disciplina científica cuando se ha olvidado (real o metodológicamente) cómo han sido construidos sus conceptos de base⁹.

Enseñar una disciplina científica es permitirle a alguien dominar una parte del conjunto teórico desarrollado por la comunidad científica en el curso de la historia de esta disciplina. Es darle acceso a un campo de dominio y de comunicación.

Pero las disciplinas científicas no son los únicos lugares del pensamiento teórico en las tradiciones científicas. Así, los modelos teóricos de los arquitectos, de los ingenieros, de los médicos y de muchos otros¹⁰ no están ligados a una sola disciplina. El saber-hacer intelectual así producido es sin embargo bien teórico, y diferente de un saber-hacer práctico reducido a recetas. Esos profesionales, como muchos otros, construyen un lenguaje especializado no disciplinario que les permite a la vez dominio y comunicación.

De hecho, todos construimos modelos teóricos en ciertos momentos. Pero los modelos teóricos construidos en la vida concreta no siguen necesariamente las líneas que las disciplinas han trazado en su historia. En la práctica, por otra parte, las disciplinas son raramente aplicables en forma directa fuera del espacio protegido de los laboratorios. Si yo quiero proceder a la aislación de mi casa, ninguna disciplina me provee un modelo teórico directamente adecuado. La física, por ejemplo, no me dirá nada ni de los precios de los materiales, ni de las reglamentaciones jurídicas, ni de las precauciones de higiene, etc., que me hará falta tener en cuenta. Los modelos que utilizamos en la vida corriente, y que nos permiten discutir con una cierta racionalidad acerca de lo que hacemos, no son casi nunca simplemente «disciplinarios». Es necesario entonces, en la práctica, crear nuevas formas de modelos teóricos.

En última instancia, se puede considerar las disciplinas científicas como saberes que no difieren totalmente de las tecnologías. Ellas son conjuntos de modelos que están suficientemente endurecidos para ser ampliamente aceptados: son tecnologías intelectuales, como muchas otras. Se trata simplemente de que su lugar de aplicación es más restringido que el de otras. En general, es únicamente el laboratorio. Fuera del ámbito protegido del mismo, son necesarios modelos de otro tipo, adaptados a una realidad más compleja y a un contexto abierto.

⁹ Cf., por ejemplo, J. M. Levy Leblond: «L'esprit de sel: science, politique, culture», Paris, Fayard, 1981.

¹⁰ Entre los cuales hay que contar a los docentes quienes, cuando diseñan un curso, producen también modelos teóricos originales.

* Isabelle Stengers: *D'une science à l'autre, des concepts nomades*, Paris, Seuil, 1987. Cf. también G. Fourze: «Des concepts nomades» en *Courrier du Cethes*, n° 8, diciembre 1989. Cf. también con el capítulo 3.

4. El pensamiento local: los islotes de racionalidad

Desde el fin del siglo XVIII, el pensamiento occidental se ha representado las disciplinas como globalidades bien organizadas y bien sintetizadas¹¹. Según palabras de Michel Serres: «Cada gran sabio para cada gran disciplina edifica un gran sistema, universal en su género. Llamémosle x-logía: cosmología, terminología...»¹². Es entonces que nace un cientificismo poco crítico, presentando como universal la manera particular de una época y de una cultura. Y como los «sabios» son también los profesores¹³, ese tipo de saber se enseña hasta en el secundario. Para muchos, lo racional y las ciencias disciplinarias forman un todo confuso¹⁴.

Son, pues, estas ciencias disciplinarias las que serán, en la enseñanza de las ciencias, el único contacto de los jóvenes con las gestiones científicas. Y se puede fácilmente comprender hasta qué punto esas ciencias han fascinado a generaciones. Ellas son tecnologías intelectuales dotadas de muchas propiedades: **eficaces** en la práctica, son también **productoras de racionalidad y de sentido**¹⁵; además, se les puede decir «bellas»: en ellas, el espíritu humano se recobra, abriendo así una experiencia estética: por múltiples razones no se enseñan tan fácilmente en el secundario actual. Tal vez sea interesante ver si hay otras maneras de acercar las cuestiones científicas, más adecuadas a la formación de los jóvenes de hoy.

En realidad, se sabe también que, cuando trabajan, los científicos no despliegan amplios sistemas hipotético-deductivos tales como se los encuentra en los tratados. En lo concreto, los investigadores —ya sea que

trabajen en la «investigación fundamental» o en las tecnologías —reúnen conocimientos relativos al asunto en cuestión, buscándolos en diferentes direcciones. Y, a partir de esto, construyen nuevos modelos teóricos o extienden algunos de los que ya disponen. Para designar aquello a lo que llegan, hemos utilizado la metáfora del «islote de racionalidad»¹⁶. En los trabajos científicos no se define todo con la misma precisión; más allá del centro mismo de la investigación, jamás se pone todo a punto¹⁷ (se trata de lo que hemos llamado el buen uso de cajas negras). Finalmente, los epistemólogos han abandonado la imagen del árbol bien organizado de la ciencia, para representarse bolsillos de orden racional que se han organizado dentro de un universo aceptablemente caótico. Según nuestra metáfora: **islotes de racionalidad en un océano mucho menos organizado**.

Esta manera de proceder (que es la de los investigadores y de los técnicos) tiene especialmente como característica la de **no multiplicar los «prerrequisitos»** antes de estimar que se pueda desplegar una marcha científica seria. Es una gestión «local» típica de los procedimientos científicos vividos, y muy diferente de los despliegues totalizantes que, lo hemos visto, han aparecido después del siglo XVIII (y que caracterizan a las ciencias tal como se las enseña). Mientras que las gestiones globalizantes están constantemente interesadas por los prerrequisitos y los fundamentos, las gestiones locales son precisas y rigurosas, aunque se admita que el pensamiento teórico no tiene la misma consistencia fuera del contexto en el cual se la ha construido.

Se puede considerar las disciplinas científicas como islas o aun como continentes de racionalidad que han sido organizados en el curso de nuestra historia. Los mismos están **construidos alrededor de imágenes y de paradigmas**, más o menos clarificados. Así, la biología está estructurada alrededor de la noción de «vivientes»; la química, alrededor de la de «reacción», etc. Esos monumentos de racionalidad constituyen parte de nuestra cultura, sin duda al igual que las catedrales de la Edad Media.

¹¹ Cf. Michel Serres: «Savoir ou pouvoir? Quelle Église? Paris 1800» en *Éléments d'histoire des sciences*. Michel Serres, Ed. Bordas, Paris, 1989, pp. 337-362.

¹² *Ibid.* p. 349.

¹³ Lo que ha conducido a B. Bensaude-Vincent y I. Stengers a hablar, a propósito de las ciencias del siglo XIX, de una ciencia de profesor. Op. cit. p. 125.

¹⁴ Las disciplinas científicas no tienen evidentemente todas el mismo status, ni en la historia de las ciencias, ni en la enseñanza. Así, la biología, en un momento, se divide en dos disciplinas. Y por otra parte, estas últimas tienen hoy tendencia a reunirse.

¹⁵ Cuando hablamos de «razón» o de «racionalidad» no nos referimos a un concepto absoluto. Para nosotros, la «racionalidad» es un proceso sociohistórico de comunicación. Para ser racional, uno se pone de acuerdo acerca de una manera de enfocar las cosas y de poner orden en nuestras representaciones y comunicaciones.

¹⁶ Por ejemplo: G. Fourez: «Préciser les finalités de l'enseignement des sciences» en *Humanités chrétiennes*, XXXIII n° 4, pp. 333-344, 1990, del cual una buena parte es retomada en el capítulo III y «Des finalités des cours de sciences», G. Fourez en *Cahiers Pédagogiques*, n° 298, pp. 33-36, noviembre 1991.

¹⁷ Por ejemplo, el ingeniero electricista no tiene generalmente que aplicar la teoría del electrón de Dirac. Y los químicos, como los físicos de partículas elementales —aun si practican la «investigación fundamental»— harán lo mismo con los conceptos que no están en el centro de su trabajo.

Hará falta entonces mostrárselos a las jóvenes generaciones. Cabe, sin embargo, preguntarse si la enseñanza de las ciencias disciplinarias es hoy un medio verdaderamente eficaz para introducir a los jóvenes en las cuestiones científicas, sobre todo si se les quiere enseñar a utilizarlas en su existencia cotidiana, personal o social, individual o política.

Cuando esto se mira de más cerca, se constata que nunca se enseña simplemente una disciplina. Nuestros contenidos de enseñanza, como lo indican nuestros programas o nuestros manuales, son islotes de racionalidad contruidos a partir de esos continentes de racionalidad que son las disciplinas, pero sin confundirse con ellos¹⁸. Todo contenido de enseñanza constituye una nueva organización del saber, construida en función de criterios que no dependen jamás completamente de las ciencias, sino más bien de un proyecto social. La organización de los contenidos de la enseñanza gira más o menos alrededor de esta cuestión: «¿Qué es lo que consideramos importante enseñar a estos jóvenes, en esta sociedad, en el medio de las presiones que podemos advertir?» Cuando un profesor de ciencias no acepta esta «regla del juego», se le reprocha generalmente el limitarse a enseñar su curso universitario, y se sabe que esto no es lo ideal. Los «buenos» docentes no se contentan con esto: antes bien, recrean los proyectos de enseñanza a partir de los intereses de los alumnos.

5. ¿Hay una alternativa a la enseñanza disciplinaria?

He aquí, pues, relanzada la cuestión inicial. El camino recorrido nos va a permitir, no ya aportar a ella una respuesta perentoria, pero sí aclararla. Las disciplinas no aparecen, al examinarlas, como los únicos fundamentos

¹⁸ Cf. a este respecto las observaciones de S. Joshua y J. J. Dupin en *Introduction a la didactique des sciences et des mathématiques*, P.U.F., París, 1993, p. 4: «El saber presentado en clase sustenta los vínculos culturales y sociales con el exterior de la clase. Hay también una historia, que condiciona a la vez el contenido a enseñar, su lugar en un curso, la forma de su presentación. Depende de muchos factores vinculados entre sí: conceptos epistemológicos dominantes en las comunidades de eruditos, relaciones culturales mantenidas por el público con esos dominios, finalidades sociales fijadas a esta enseñanza. Estos determinantes se constituyen en sistema global, el cual, bajo formas específicas, se manifiesta en cada objeto de enseñanza particular».

de una gestión o de una formación científica. Se las puede considerar como magníficas y poderosas tecnologías intelectuales que ayudan, gracias a la elaboración de un pensamiento teórico fecundo, a encontrar significación y eficacia en nuestro mundo. Ese fue sin duda el error del cientificismo positivista y empirista, el haber creído que la organización actual de las disciplinas era necesaria. En principio, pues, habría que tener en cuenta una formación científica que no estuviera centrada únicamente en las disciplinas tales como la historia nos las ha legado¹⁹. Lo que no quiere decir que, en la práctica, esto sea necesariamente prudente.

Pero sería interesante abrirnos a la posibilidad de una ampliación y de una modificación de la formación de los jóvenes. Nosotros proponemos, en la línea de los capítulos precedentes, que su formación científica se dé a sí misma principalmente dos objetivos: 1º, enseñarles la capacidad de construir islotes de racionalidad (generalmente pluridisciplinarios) frente a cuestiones concretas (islotes de racionalidad de tipo 1); y, 2º, enseñarles y hacerles interiorizar cierto número de islotes de racionalidad alrededor de temas o nociones (islotes de racionalidad de tipo 2), elegidos de manera de formar a los alumnos científico-técnicos «aculturados» o «alfabetizados». Este segundo objetivo debe comprender tanto el aprendizaje de nociones de la vida cotidiana (como la fatiga), como un contacto con las grandes tradiciones de nuestras culturas científico-técnicas (como el modelo celular o el átomo de Bohr). Este contacto implica la enseñanza de islotes de racionalidad alrededor de grandes temas²⁰ tomados de las ciencias disciplinarias y de los grandes desarrollos tecnológicos. Una aculturación científico-técnica no puede ser puramente utilitaria (aun si esta dimensión es esencial): tiene una verdadera dimensión cultural. En nuestra sociedad, todo el mundo debería poder desmitificar y apoderarse un poco, al menos a un cierto nivel, de los grandes desarrollos de la física, de la biología, de la química, de la matemática, de la astronomía, de las telecomunicaciones, de las técnicas agrícolas, de los medios de transporte, etc. Es necesario sin embargo agregar que los islotes de racionalidad concernientes a esas nociones tendrían que variar según los auditorios (sin duda todo el mundo debería tener cierta idea de la teoría de la

¹⁹ Por otra parte, esto existe en muchos países donde, por ejemplo, la enseñanza no distingue la química de la física.

²⁰ Sin por esto caer en la trampa de la «enseñanza por temas», de la cual se hablará en el capítulo siguiente.

relatividad, pero los islotes de racionalidad¹ construidos alrededor de esta noción diferirán según las capacidades y los conocimientos previos de los alumnos).

Estos dos objetivos pueden considerarse como de naturaleza diferente.

El primero evoca las «capacidades» o «saber-hacer intelectuales». Se trata principalmente de lograr reunir elementos provenientes de fuentes diversas (observaciones, diferentes disciplinas, situaciones económicas, especialistas diversos, decisiones éticas o políticas, etc.) para construir modelos teóricos significativos y eficaces para la vida corriente. El aprendizaje de una capacidad tal no puede hacerse más que por medio de ejercicios, o más precisamente, de los proyectos que se realizan (y de los cuales uno analiza, en ciertos momentos, el despliegue). En el seguimiento de un objetivo tal, los proyectos emprendidos tienen una finalidad esencialmente didáctica y no un valor en sí mismos. Si se emprende el estudio (y tal vez la realización) de la aislación de un local, el objetivo perseguido es la capacidad de abordar un proyecto tal según ciertos criterios de racionalidad y de creatividad, más que la realización misma, aunque los dos fines no sean incompatibles.

El segundo objetivo enfoca conocimientos precisos, tal como han sido elaborados, estandarizados y estabilizados en nuestra cultura. Se trata, pues, aquí de la enseñanza de un islote de racionalidad alrededor de una noción o de un tema. En tanto que el primer objetivo está centrado en torno de una creatividad teórica (se trata de imaginar una solución a un problema concreto), el segundo supone la enseñanza de una tradición (no se re-inventa en clase lo que nuestra cultura sabe alrededor de nociones como «contagio», «herencia», «humedad», «transferencia de energía», «derivada», «célula», «computadora», «relatividad», o «evolución de una estrella», ni por otra parte se re-inventa allí el motor a explosión o bien otras tecnologías). Desde nuestra perspectiva, sin embargo, nos parece que, contrariamente a la práctica actual, se podrían enseñar más a menudo nociones por vía pluridisciplinaria. Y, en todo caso, nos parece importante ser siempre conscientes de que las nociones fecundas, en lo cotidiano y aun en la cultura, responden asimismo a una cierta multidisciplinarietà. Destacamos, sin embargo, que una enseñanza transdisciplinaria de ese género no se puede improvisar (es lo que tal vez no se tuvo suficientemente en cuenta durante la introducción del «renovado»). Para ser llevada a buen término demanda la elaboración de herramientas pedagógicas adecuadas; demanda también el conocimiento de una metodología de la interdisciplinarietà que tenga en cuenta a la

vez el objeto estudiado (en su contexto y según los proyectos que le otorgan su sentido) y los aportes posibles de cada disciplina. La búsqueda de una tecnología tal será el objeto del capítulo siguiente.

Las dos direcciones, una más creativa, la otra más receptiva, son sin duda necesarias para una formación científica. Es necesario no solamente enseñar a los jóvenes a crear modelos, sino que hay que introducirlos también en aquellos que nuestra cultura ha desarrollado en el curso de los siglos. Puede ser que lo que limite nuestra práctica actual sea el carácter esencial del tipo «receptivo». Y que una disciplina es tanto menos fecunda en lo concreto cuando no se vincula con otras (que respondan, por otra parte, tanto a las ciencias humanas como a las ciencias naturales o «exactas»).

Se puede también imaginar que, en un currículum de formación científica, se exija, por una parte, la realización de uno u otro proyecto que implique la creación de modelos teóricos científicos y técnicos y, por otra parte, la enseñanza de ciertas nociones.

6. Pero, ¿antes de lo «multidisciplinario», lo «disciplinario»?

Es necesario saber escuchar esta observación. Uno puede, en efecto, perderse fácilmente en lo borroso de lo interdisciplinario. Sin embargo la objeción pierde una parte de su impacto cuando nos damos cuenta de que hacemos todos multidisciplinarietà como Monsieur Jourdain* hacia prosa. Hacemos elementos de las ciencias naturales, cuestiones de economía o de ecología, y elecciones éticas. Lo que la objeción acusa, y con derecho, es sin duda la falta de nitidez y la complejidad excesiva de ciertas aproximaciones interdisciplinarias espontáneas. Para evitar estas imperfecciones hay que tomar precauciones. Especialmente, cuidar de

* N. de la T.: Personaje principal de la comedia de Molière *El burgués gentilhomme*, quien, al enterarse de que sólo es posible hablar habitualmente en prosa, exclamó: «¡A fe mía! Más de cuarenta años que hablo en prosa sin saberlo.»

que sea sobre **proyectos precisos y restringidos** que se aprenda: la capacidad de construir modelos teóricos. Es necesario también que la enseñanza de los islotes de racionalidad alrededor de nociones enseñe a manejar la ansiedad que puede engendrar la toma de conciencia por parte de los alumnos de que no dominan enteramente las disciplinas utilizadas. Pero, notémoslo, uno no domina tampoco los fundamentos de las enseñanzas disciplinarias actualmente dispensados en nuestras escuelas. Lo importante es saber usar correctamente lo que los físicos llaman las «cajas negras» (las nociones utilizadas sin que se pueda analizar en ellas el «funcionamiento interior»). Habrá, por lo tanto, que insistir también para que la interdisciplinariedad no se reduzca a un tratamiento superficial de todo, sin precisión ni rigor (y aquí todavía, uno debe volver a la epistemología y a la metodología del trabajo interdisciplinario).

Sin embargo, si en la enseñanza secundaria se impone una iniciación a la interdisciplinariedad, el problema central no proviene sin duda de las disciplinas, sino de la falta de sentido en su enseñanza. Demasiado a menudo, los conceptos científicos no se enseñan para la resolución de los problemas que se tienen, sino por ellos mismos. Y cuando se hace referencia a situaciones concretas en los cursos de ciencias no es para que los modelos científicos ayuden a resolverlas, sino más bien porque ellas contribuyen a la comprensión de los conceptos y modelos científicos. ¿Cabe entonces asombrarse de que los alumnos no adviertan casi el sentido de las prácticas científicas? No se les presentan las ciencias contextualizadas, sino que se trata de atraer su atención recurriendo a conceptos²¹.

7. Estrategias más prácticas

Es a menudo peligroso, en las decisiones sociales, técnicas o políticas, ponerse a trabajar demasiado rápido. Por esta razón no nos sentimos en condiciones de determinar inmediatamente estrategias en detalle. Habrá que avanzar con pequeños pasos. Las primeras modificaciones no se podrán hacer más que de una manera marginal con referencia a prácticas y currícula actuales.

²¹ Cf. el capítulo 2 y D. Layton op. cit. y Ph. Mahy. op. cit.

Lo que hemos dicho más arriba implica probablemente dos maneras de enseñar: por **proyectos**²² (o eventualmente por estudio de casos) para los islotes de racionalidad de tipo 1, y por **contenidos**, para los de tipo 2. El aprendizaje por proyectos, si bien permite a menudo adquirir capacidades de creación y de saber-hacer intelectuales, no es necesariamente el mejor medio para aprender las nociones (aun interdisciplinarias). En ciertos casos, es posible articular las dos aproximaciones centrándonos en un aprendizaje aplicado a un proyecto, y enseñando luego las nociones útiles para la realización del proyecto²³. Dicho esto, será posible considerar ciertas estrategias²⁴.

1. Se deberían realizar experiencias piloto.

Sin duda se llevarán a término si se las **aborda en los programas de ciencias llamadas «blandas»**. En efecto, las coerciones sociales son allí menores que en las secciones que preparan directamente para las facultades de ciencias de la universidad. Además, en las secciones donde los cursos de ciencias son menos importantes, los errores, inevitables en los programas piloto, se pagarán «menos caro». Y por último, los alumnos de esas secciones podrían directamente extraer más provecho de una aproximación interdisciplinaria que de los cursos actuales, de los cuales se sabe que son a menudo más sufridos que deseados... y en general rápidamente olvidados.

Las experiencias podrían ser intentadas en **las enseñanzas técnicas y profesionales**. En esas secciones, en efecto, puede ser más fácil movilizar a los alumnos alrededor de un proyecto que exija siempre una aproximación pluridisciplinaria (reuniendo por otra parte ciencias llamadas «exactas» o «naturales» y ciencias llamadas «humanas»). Y se puede fácilmente poner mejor en evidencia la creatividad teórica en

²² Sobre la pedagogía del proyecto. Cf. Le Grain: *Le Défi Pédagogique*. Ed. Vie Ouvrière. Bruxelles, 1982.

²³ *Ibid.*, p. 47: «Si el método del proyecto logra atender en gran parte las diferentes aptitudes y las diferentes capacidades que nos hemos fijado, los resultados son sin embargo limitados en lo que concierne a los conocimientos». Así como lo señala Benoit de Monge (memoria inédita en la FOPA): «Se hace pues necesario establecer una cierta ruptura entre la dinámica del proyecto y la apropiación de conocimientos particulares».

²⁴ Las estrategias propuestas aquí están más destinadas a provocar los intercambios y la discusión que a presentar un programa de política para la enseñanza de las ciencias. Por otra parte, en el seminario a partir del cual este artículo ha sido escrito, no hubo tiempo para discutirlos de manera sistemática.

las artes y oficios²⁵, lo que valoriza los procesos a veces vividos como recetas.

2. Deberían ser elaborados materiales didácticos.

Sería irreal imaginar una modificación eficaz de las prácticas de la enseñanza si no se dispone de recursos pedagógicos. Se conoce la ayuda que pueden aportar, en la enseñanza actual, los manuales bien hechos. Harían falta materiales parecidos para abordar una pedagogía por proyectos o una enseñanza de nociones interdisciplinarias. Sin esto, muchos docentes, por una prudencia legítima, se negarán a realizar cambios (y si se prueba hacer caso omiso de ello, se tendrá sin duda un gran «desbarajuste»). Tales materiales se han comenzado ya a producir²⁶.

3. En las universidades y las escuelas normales será necesario un esfuerzo relativo a la formación inicial y continua para que los docentes comprendan la fuerza y los límites de las disciplinas y se familiaricen con las aproximaciones por proyectos o con racionalidades transdisciplinarias (como las utilizan, por ejemplo, los arquitectos).

Ellos deberían, además, ser capaces de articular ciencias «exactas» o «naturales» con ciencias «humanas» para el abordaje de situaciones concretas. Los docentes deberían ser puestos al corriente del pensamiento científico vinculado a las tecnologías. Tal vez haya así lugar para valorizar e investigar los aportes de docentes más próximos a las tecnologías que los licenciados o los regentes. En fin, una formación de *réfendat* en «*Sciences, Technologies et Société*»*, ¿no sería razonable y útil? Y, ¿por qué no una licenciatura?

Además una formación en epistemología es hoy indispensable: la alfabetización científico-técnica supone, en los docentes, una epistemología renovada, en el sentido de un constructivismo consecuente. Se trata de ver cómo la teorización científica nace en una situación y extrae su validez

²⁵ Cf. Grootaers & Tilman, op. cit.

²⁶ Cf. los artículos de J. M. Guillemeau sobre la noción de «Transferencia de energía» y de Anne Royaux-Defeyt sobre el proyecto de medición de la polución de un río, en el *Courrier du Cethes* n° 9, Namur, abril 1990, o el de P. Collet sobre la experiencia en el colegio de Ganshoren sobre el contagio (*Courrier du Cethes* n° 23, Namur, 1994).

* N. de la T.: Estudios de tres años que habilitan para la docencia en los tres primeros años del secundario

de la capacidad que le confiere para representarse un contexto de una manera adecuada y fecunda con referencia a los proyectos de acción y de comunicación que se tengan.

4. En la situación actual no es posible, casi, proponerse estrategias precisas con referencia a los programas. Pero sin duda será útil velar para que eventuales cambios no impidan evoluciones futuras. Hay que esperar que, en todo caso en las secciones de ciencias fuertes, la enseñanza todavía se imparta por disciplinas un largo tiempo. Pero se podría detener la disciplinarización creciente de la enseñanza de las ciencias en el secundario y evitarla tanto como se pueda en las secciones donde hay pocos cursos de ciencias. Debería dejarse a los establecimientos la posibilidad de permitir la realización de un proyecto sintetizando elementos provenientes de diversos campos del saber, desde la física hasta el derecho (por ejemplo el proyecto de determinar el estado de la contaminación de un río). En fin, al lado de los cursos de ciencias disciplinarias «tradicionales» que serán mantenidos, debería dejarse la posibilidad para una enseñanza de islotes de racionalidad transdisciplinaria alrededor de nociones, como por ejemplo las de «contagio», «transferencia de energía», o «sistema». Sin duda será necesario, como lo indica el informe ya citado de la AAAS (*American Association for the Advancement of Science*) dar, al menos para la gran masa, más importancia a la calidad de una formación que a la cantidad de puntos del programa «a ver».

En tales procesos, no se puede improvisar (aun cuando no se puede jamás prever todo). Si no se preparan bien las modificaciones eventuales, se volverá a caer en los problemas que se han conocido anteriormente, como los de los cursos de tecnologías o de estudio del medio donde uno olvidaba, bajo pretexto de ser práctico o espontáneo, elaborar sólidos modelos teóricos.

Optando por tales orientaciones, será posible llevar a la práctica las aspiraciones de distintos sectores y actividades («Ciencias - Tecnologías - Sociedad») y especialmente: acercar - sin confundir - la teoría y la práctica, las ciencias y las técnicas, las ciencias llamadas «naturales» o «exactas» y las llamadas «humanas», los criterios de racionalidad y la creatividad humana, los saberes y las decisiones.

Todo esto demanda una mejor comprensión del trabajo interdisciplinario. A esto nos vamos a dedicar en los capítulos que siguen.

Un modelo para un trabajo interdisciplinario

Gérard Rourez,
Philippe Mathy, Véronique Englebert-Lecomte

¿Cómo educar en cuanto a las prácticas interdisciplinarias que se juzgan indispensables en nuestra sociedad científica? Este capítulo

propone un procedimiento de trabajo interdisciplinario aplicable a la vez en la práctica y en la enseñanza. Dicha estructura epistemológica puede servir de modelo a las aplicaciones didácticas.

El capítulo comienza recordando las particularidades de la enseñanza científica disciplinaria; luego denuncia el riesgo de la enseñanza por temas o por amalgama, insistiendo sobre el afianzamiento del trabajo interdisciplinario. Esto implica una situación, un proyecto, productores y destinatarios, los cuales establecerán los criterios que permitan seleccionar y cerrar los contenidos del «islole de racionalidad» que se desea construir.

Las etapas del proceso se presentan a través de dos casos. El primero, vinculado a una técnica, puede estudiarse en el contexto profesional o escolar. El segundo apunta hacia una alimentación que permita «guardar la línea»; está más directamente dirigido hacia los alumnos.

Las etapas presentadas en este capítulo son pistas metodológicas, no para seguir las al pie de la letra, sino para adaptarlas y modificarlas según las particularidades del «terreno».

Este capítulo¹ propone, entonces, un modelo orientado hacia de un camino multidisciplinario, ya sea con fines pedagógicos o «reales». En él no se proponen marchas pedagógicas detalladas para la clase sino que se establece un esquema para ser usado durante tal marcha —evidentemente, con las adaptaciones necesarias a las situaciones concretas². La cuestión de la interdisciplinariedad no es únicamente didáctica: es también, y puede ser en principio, epistemológica: muchos docentes carecen de una representación operacional de las prácticas interdisciplinarias³. En fin, el camino pedagógico implicado aquí no pone las situaciones-problema al servicio de un aprendizaje disciplinario, sino que tiende al aprendizaje de la resolución de problemas apelando a diversas especialidades (con la posibilidad de ver, de vez en cuando y «de paso», algunos puntos inscriptos en los programas) (Layton, 1993).

¹ Este capítulo retoma aproximadamente un artículo publicado en la revista *ASTER*, a principios de 1994.

² Puede, en efecto, ser útil que los docentes, antes de lanzarse a una pedagogía de la interdisciplinariedad, aprendan a practicarla con método (lo mismo que cuando aprenden a resolver ecuaciones de segundo grado antes de enseñar ese saber matemático). El método propuesto aquí está vinculado con el de la pedagogía del proyecto o la de los «sistemas flexibles», pero, más que ellos, pone el acento sobre la diversidad de los especialistas disciplinarios.

³ La metodología propuesta aquí está ligada al *Constructive Technology Assessment* (Evaluación de las tecnologías en curso de elaboración, con participación en su construcción) (Bijker, 1993; Schot, 1992).

1. El trabajo interdisciplinario: problemática general

Una de las diferencias entre los métodos disciplinarios y las aproximaciones interdisciplinarias es el rol de la normativa. En una aproximación disciplinaria (la «cercencia normal» de Kuhn), las normas explícitas o implícitas producidas por las comunidades científicas permiten resolver los conflictos metodológicos (como lo saben los estudiantes cuando deben pasar los exámenes). En el trabajo interdisciplinario, al contrario, no hay normas disponibles para saber qué punto de vista disciplinario privilegiar: se trata de una decisión que se negocia sobre el terreno (Latour, 1979; Latour, 1989; Fourez, 1992a: pp. 103-109). El trabajo interdisciplinario se emparenta así con un camino político, donde ninguna parte tiene derecho a imponer sus normas. Pero ello no suprime el interés por los métodos y por las instituciones que rigen esas negociaciones: de ahí la utilidad de una metodología de la interdisciplinariedad (necesidad que proviene también de la ansiedad legítima de los docentes, a quienes se les solicita realizar actividades interdisciplinarias sin un método).

1.1 Los escollos de la aproximación por temas y de la amalgama

Muchos docentes recuerdan cómo los alumnos se han aburrido con temas como el agua, el contagio, la energía, etc. Los docentes de todas las disciplinas han aportado sus contribuciones. Raramente formaron una organización con fines establecidos y, consecuentemente su duración caía a menudo en la arbitrariedad. Estas dificultades se encuentran en toda investigación disciplinaria si uno no logra limitar los aportes de los especialistas: ahogado en la información, el trabajo no avanza. El problema proviene de que no se logra «cerrar» la aproximación: sobre el agua, la energía o el SIDA, es posible hacer discutir a los especialistas durante meses, sin que se pueda ver hacia dónde se va. Como los ingenieros —y los directores de tesis— lo saben: para terminar un trabajo es tan importante limitar la cantidad de información como encontrarla.

La amalgama confunde los resultados provenientes de diversas disciplinas sin que se advierta que, al pasar de un contexto a otro, ellos cambian de significación. Así, por ejemplo, el concepto de individuo difiere según la perspectiva del psicólogo o del sociólogo. Algunos confunden también resultados científicos y normas éticas. A fuerza de síntesis, el intercambio interdisciplinario pierde rigor y cae fácilmente en

la conversación banal, sin permitir que los especialistas pongan en práctica las normas de precisión propias de su disciplina.

Toda aproximación interdisciplinaria adquiere sentido en relación con un proyecto: apunta a producir una representación teórica apropiada en una situación precisa y en función de un proyecto determinado⁴. Por ejemplo, para construir una casa o elegir un régimen alimentario, se apelará a conocimientos provenientes de disciplinas diversas, con el objeto de obtener una representación de la situación, y de esclarecer así las decisiones a adoptar. Esta representación ha sido llamada «islote interdisciplinario de racionalidad»⁵; se trata de un modelo teórico que permite informar acerca de lo que se quiere hacer, y reflexionar sobre ello. El proyecto puede ser tanto utilitario (como construir un puente o utilizar un horno a microondas) como cultural (dar a un grupo preciso una imagen de los orígenes de la humanidad o situarse frente a un horno a microondas⁶); la mayor parte del tiempo será ambas cosas. Pero son el proyecto y su finalidad⁷ los que proporcionarán los criterios en función de los cuales se encontrará interesante o no informarse sobre lo que una disciplina puede enseñar acerca de una situación. Es el proyecto el que permite, pues, cerrar el cuerpo de conocimientos recabados para llevar la

⁴ Este punto de vista está fundado en las epistemologías desarrolladas por las corrientes constructivistas ligadas a la sociología de las ciencias y a la socioepistemología, que reubican la producción de los saberes en una dinámica histórica concreta (a distinguir del constructivismo psicologizante de la pedagogía). Cf. Fourez, 1992a; Latour, 1989; Larochelle, 1992; Bijker, 1993; Layton, 1993; Knor-Cetina, 1983; Latour, 1979; Steegers, 1987; etc. Estas aproximaciones presuponen que los saberes toman su sentido como mediaciones (socialmente estabilizadas) en el actuar histórico humano (aun si, como lo ha subrayado el físico J. M. Levy-Leblond, una de las características de los saberes disciplinarios es generalmente el olvido del origen y del lugar social en los que se han producido).

⁵ Cf. G. Fourez, 1992a, pp. 109-112, o Fourez, 1992d. En el contexto de este capítulo los términos «racionalidad» y «racional» se refieren a los procesos en los cuales los seres humanos pueden discutir situaciones, con métodos socialmente instituidos.

⁶ Un proyecto cultural implica tanto un proyecto práctico como las decisiones que lo limitarán. Por ejemplo, habrá que decidir que aspectos interesantes, en los orígenes de la humanidad, es deseable que conozca este grupo específico. Pero en el caso de proyectos culturales, el «cierre» del proyecto parece más convencional que en un proyecto tecnológico.

⁷ Esta relación de los saberes interdisciplinarios con las situaciones precisas, de los proyectos y de las decisiones a tomar es esencial, epistemológicamente, para la construcción de saberes.

empresa a término⁸. En ciertos grupos escolares, el proyecto puede estar definido por la situación misma: por ejemplo, para la formación de enfermeros geriátricos, incluir la alimentación apropiada para personas ancianas.

1.2 El paradigma del equipo frente a un proyecto

Un paradigma que se aproxima bastante al trabajo interdisciplinario es el de un comité pluridisciplinario⁹ reunido para un proyecto¹⁰. Los miembros del comité están comprometidos en dos roles. Por una parte, como quienes deciden, negociando las etapas de la trayectoria y las decisiones inherentes a la investigación; por otra parte, como especialistas, llamados a veces a testimoniar desde su sensibilidad o su competencia específica. El primer rol es el adecuado a la puesta en marcha interdisciplinaria, ya que para el segundo se puede recurrir a especialistas externos. En ciertas situaciones (y éste será el caso de un grupo de alumnos aplicándose a un problema concreto) el comité no es pluridisciplinario: lo cual no impide hacer —para la consulta de los especialistas— trabajo interdisciplinario.

Al final, el comité habrá diseñado para sí una representación cruzando¹¹ diferentes aproximaciones: un «islotte de racionalidad». El trabajo interdisciplinario se hará a través de convenios entre las personas que compongan el comité. La negociación permitirá, entre otras cosas,

⁸ Desde el punto de vista didáctico, importa presentar una situación suficientemente «cerrada» como para poder a la vez servir de criterio para la conclusión del trabajo y que su resolución resulte interesante para los alumnos. Puede ser práctico motivar la búsqueda mediante la confrontación con un objeto del cual se busca descubrir el funcionamiento: una plancha para la ropa, por ejemplo. Pero más importante es sin duda la convicción del docente en cuanto al interés del problema; ese sentimiento es necesario para que el profesor logre suscitar inquietudes en los alumnos.

⁹ Para distinguir entre los términos «interdisciplinario», «transdisciplinario», «multidisciplinario», «pluridisciplinario», ver O.C.D.E., 1970.

¹⁰ Por ejemplo, un comité encargado de la política a seguir cuando se instala una cafetería y que representa diversas aproximaciones: la dietética, la higiene, la psicología, el derecho, la sociología, la estética, el economato de la escuela, etc. Especialistas a los cuales, por otra parte, será prudente agregar algunos usuarios competentes a su manera, aun cuando no fueran expertos en una disciplina científica.

¹¹ En esta práctica, la investigación interdisciplinaria traduce a menudo de un cuadro conceptual a otro. Por ejemplo, de traducir la noción de «dolor de barriga» por «hiperacidez gástrica». La interdisciplinariedad debe conducir también al «buen uso» de las traducciones (Cf. Tilmans-Cabiaux, 1992). (Cf. *supra*, cap. III).

decidir sobre la importancia que se va a dar a las informaciones aportadas por los especialistas (integrantes o no del comité). Se les dará lugar suficiente, pero no más. Se pueden aportar muchas razones para desear más o menos información, pero no existe un criterio obligatorio para decidirlo: a fin de cuentas, el trabajo interdisciplinario (como la investigación científica externa¹²) depende de un «arte» (en el sentido de arte del ingeniero, del arquitecto o del médico), que realza la lógica de lo cotidiano, y de negociaciones concretas: la racionalidad de la interdisciplinariedad, como la de toda investigación abierta, no es absoluta.

Si, estrictamente hablando, el trabajo interdisciplinario convoca actores diversos dentro de un equipo es posible que alguno sea llevado a jugar por sí mismo los diferentes roles (el de quien decide y el de los diversos consultantes). Esto nos lleva corrientemente a situaciones donde no consultamos a ningún especialista pero damos lugar a diversas aproximaciones (por ejemplo, antes de decidir el menú de un almuerzo). La negociación entre las diferentes especialidades se hace entonces en la cabeza de un solo actor que las considera sucesivamente y las confronta con su proyecto. El peligro de ese proceso solitario es la amalgama, es decir, un respeto insuficiente por los aportes específicos de especialidades variadas. Pero tal aproximación puede ser metódica y tener su rigor propio cuando se utiliza una grilla de análisis que establece los diversos puntos de vista que se tendrán en cuenta.

Sin embargo, ya sea que se esté en equipo o solo, lo que proporciona un marco y una estructura a la aproximación interdisciplinaria es el proyecto y las decisiones concomitantes. Para cerrar la investigación¹³ y crear así un islotte de racionalidad, hay que considerar su contexto, el proyecto subyacente y los destinatarios de la producción teórica creada de esta manera.

¹² Cf. de Certeau, 1980: o Fourez, 1992a: pp. 49-72.

¹³ Este cierre de la búsqueda es esencial a toda investigación científica, gontariamente a las ciencias que evocan a las ciencias explorando las cosas a fondo, sin contentarse jamás con una aproximación. Una actitud tal conduce, en efecto, a un punto muerto en la medida en que la búsqueda no tendrá fin, en los dos sentidos de la palabra: no tendrá límites y quedará sin terminar. La ciencia comienza cuando uno cesa en la búsqueda de información para artresgarse a confiar en un modelo, por más imperfecto que sea. El talento consiste en no tener confianza ni demasiado pronto ni demasiado tarde. Es lo que sabe todo investigador: para concluir un artículo o una tesis, hay que detenerse.

1.3 La interdisciplinariedad, una trayectoria pragmática pero también teórica

La práctica de la interdisciplinariedad da por tierra con un dilema frecuentemente aceptado por los docentes: el que conduce a creerse obligado a elegir entre lo pragmático (en el sentido de «lo utilitario») y lo teórico (en el sentido de «lo cultural»). El trabajo interdisciplinario (como todo conocimiento humano —¡se sabe desde Aristóteles!—) tiende esencialmente a un fin. Esta finalidad puede ser muy utilitaria, como cuando se intenta comprender el funcionamiento de una herramienta. Pero aun así el trayecto es también teórico en la medida en que tiende a lograr una representación conceptual y explícita de una situación (un islote de racionalidad). La finalidad está a veces ligada a intereses prácticos y/o económicos, pero puede ser cultural como cuando enfoca la interpretación que uno quiere dar a su historia (tal es el caso, por ejemplo, si uno quiere situarse frente a una técnica, un ritual o el origen de los humanos)¹⁴. El conjunto tiene también una dimensión verdaderamente estética, en el sentido en que, en el curso de esos trayectos, el espíritu humano se descubre y se reconoce en su creatividad.

1.4 Referencias metodológicas para una trayectoria concreta

En las páginas que siguen proponemos etapas para elaborar un islote de racionalidad sobre diversas situaciones, ya sea frente a una herramienta o a una técnica, o con miras a una alimentación que permita conservar la línea. Se trata, pues, de un procedimiento general —un modelo— a adaptar a cada situación que se aborde. Si se utiliza el esquema desde una perspectiva de formación (y no en una investigación que responde a una demanda real), se evitará presentar el caso con rasgos demasiado ficticios. Así, con un grupo de docentes en formación, se puede enfocar la producción de un islote de racionalidad relacionado con la redacción de una nota para vendedores de planchas, pero evitando hacer como si fuésemos esos vendedores. Con los alumnos habrá que ser más prudente todavía. Hay que precisar la situación de los productores (el equipo), y ver quienes son los destinatarios del islote de racionalidad, lo mismo que

las situaciones y los proyectos implicados¹⁵. Si la situación elegida es demasiado artificial, el grupo, en el momento de negociar, carecerá de criterios firmes y tenderá a cuestionar las hipótesis de la situación ficticia. El resultado será entonces generalmente frustrante.

Nosotros proponemos etapas, pero el equipo debe decidir la duración de cada una de ellas, según sus objetivos y/o posibilidades. En la práctica, por otra parte, no se trabaja de una manera lineal, sino en un ida y vuelta: los resultados de una etapa pueden conducir a completar los de otra precedente.

Para permitir a los docentes aplicar el modelo a casos precisos (ya sea que concierna a las planchas, la alimentación, o al origen de la especie humana¹⁶), serán deseables los «módulos del maestro», pues cada docente no puede producir por sí mismo un trabajo tan considerable. Tales «módulos del maestro» expondrán muchas maneras de abordar cada una de las etapas. Los mismos cumplirán tres funciones: en principio, ayudar al docente a plantear, frente al caso, las cuestiones provenientes de diversos campos disciplinarios; luego, ayudarle a conocer los embriones de respuestas a las preguntas que los alumnos puedan formular; por último, proporcionar un fichero de fuentes que den acceso a conocimientos especializados útiles para el problema a encarar.

Sin duda, en un curso de ciencias, el abordaje de las materias que no están en los programas deberá hacerse de manera bastante superficial, pero el simple hecho de aludir a algunas de ellas en clase permitirá a los alumnos ubicar el aporte de las ciencias en un contexto más amplio.

En fin, si se quiere comprender un proceso o una técnica (ya sea una plancha, la alimentación o la evolución de las especies), es necesario ir más allá de los problemas «reducidos» (es decir simplificados) en los cuales piensan los especialistas disciplinarios cuando reflexionan sobre el «principio» de la situación¹⁷. Así, no porque se conozca el principio

¹⁴ Se evitará crear una situación de «juego de roles» para los productores del trabajo interdisciplinario. Si el destinatario de la producción debe necesariamente ser un tanto imaginario (es el caso en toda situación), importa que los productores tengan una identidad basada en lo concreto. En el caso de alumnos, si se trata de una cuestión cultural, ellos serán a menudo los destinatarios.

¹⁵ Cada uno de esos casos, si quiere ser objeto de una enseñanza, deberá completarse según el contexto y el proyecto por los cuales se quiere construir un islote de racionalidad apropiado. Este último no será el mismo para el usuario o para el vendedor de la plancha. La representación de la alimentación variará según se trate de una enfermedad genética o de un hombre joven que quiere conservar la línea.

¹⁷ Una tecnología, o un proceso, puede tener tantos «postulados» de base como

¹⁴ Uno puede referirse aquí a los tres tipos de intereses diferenciados por J. Habermas: prácticos u operatorios, interpretatorios o hermenéuticos, y emancipatorios.

físico de un láser se ha comprendido lo que es esta tecnología; lo mismo, no porque se ha comprendido el proceso biológico del contagio del SIDA se ha comprendido el proceso global del mismo. El «principio» de cualquier cosa es una abstracción, generalmente producida por la reducción del fenómeno tal cual aparece en el paradigma de una disciplina; no explica la totalidad del mismo. Así el estudio de una herramienta como un taladro, por ejemplo, promueve cuestiones con mil ramificaciones, tanto técnicas como económicas, sociales y culturales, mucho más allá del «principio físico» de su funcionamiento. Sin embargo, en la práctica, hay que dejar de lado, en función del proyecto, algunas de esas ramificaciones, so pena de ahogarse en demasiados detalles (el problema es siempre el de decidir lo que se obviará y lo que se retendrá).

Las etapas propuestas no tienen por qué ser obligatorias durante la puesta en ejecución práctica y/o pedagógica. Sin duda es útil aplicarlas por lo menos una vez; luego, no se hará más con tanta minuciosidad, pero ya no se verá un problema desde la misma óptica que antes.

Para exponer el modelo propuesto aquí presentamos, para comenzar, un caso no escolar: un vendedor frente a una plancha eléctrica. A continuación, examinaremos la construcción de un islote de racionalidad en torno de una alimentación que permita guardar la línea.

2. Las etapas de elaboración de un islote de racionalidad en torno de un proyecto ligado a una técnica o a una herramienta

La situación propuesta aquí es la de un grupo de docentes en formación (productores) redactando un folleto para vendedores de planchas, que tiene el propósito de ayudarlos a situarse mejor frente al objeto vendido (destinatarios, situación y proyecto)¹⁸.

disciplinas, y también de subdisciplinas, que la examinen. Sorensen y Levold (1992 & 1993) han mostrado, por ejemplo, cómo un ingeniero, para abordar correctamente una cuestión, adopta una vía más compleja que la de un científico que se contenta con la proyección de una tecnología en una de sus dimensiones.

¹⁸ Se construirá otro islote de racionalidad con un grupo de alumnos (productores) encargado de redactar una nota para los compradores y usuarios eventuales (destinatarios, situación y proyecto).

2.1 Hacer un «cliché» de la técnica estudiada

Por cliché, nosotros entendemos aquí el conjunto de representaciones (correctas o erróneas) que el equipo de investigación tiene de la técnica. Se trata de dar una descripción espontánea (el punto de partida de la investigación). Para esto, el equipo se interrogará, en un *brain-storming*, que vaya desde las cuestiones más generales a otras más precisas.

Por ejemplo

¿Qué es? ¿Para qué sirve? ¿Qué prácticas ha reemplazado, y por qué? ¿Cómo funciona? ¿Quién utiliza esta técnica? ¿Qué ventajas tiene? ¿En qué nos obliga ella a actuar de una cierta manera? ¿Cuáles son las precauciones a las cuales construye? ¿Cuáles son, a primera vista, sus ventajas y sus inconvenientes? ¿Con qué está fabricada?

Esta investigación se hace partiendo de la experiencia corriente. A veces revela profundos prejuicios. Ella refleja lo que piensa un grupo, aun sin formación especial. Se puede también, para abordarla, escuchar la exposición de un técnico¹⁹, o asimismo, proceder al desmontaje de la herramienta estudiada.

Durante o antes de la investigación, es interesante distinguir lo que es admitido por todos (lo que se llama generalmente —mientras nadie lo discute— los «hechos»²⁰), lo que es objeto de debate (lo que se llama «hipótesis» o suposiciones), y lo que es juicio de valor (muchos tienen dificultad para distinguir juicios de valor y representaciones teóricas).

2.2 El panorama espontáneo

Se trata de ensanchar el contexto del cliché. Se utilizará como método una grilla de lectura que permita realzar cuestiones obviadas durante el

¹⁹ En general, un técnico expone una visión poco complejizada de su técnica, que pasa por alto lo que no tiene mucha relación con su especialidad. Así, un técnico de planchas puede ser totalmente incapaz de comprender y de exponer ciertos funcionamiento sociales de este artefacto, por ejemplo, los relativos a la imagen de los roles masculinos y femeninos que se relacionan con él.

²⁰ Para un análisis epistemológico de la noción de «hecho». Cf. Fourez, 1992a, pp. 32-46.

establecimiento del primer cliché. Esta etapa es aún bastante espontánea, en la medida en que en ella todavía no se apela a especialistas: uno se refiere a los recursos propios del equipo.

✓ *Lista de actores involucrados*

Por ejemplo: las personas que planchan la ropa, las que emplean las empresas productoras de planchas, los vendedores, los aseguradores, etc. Estos actores pueden ser grupos sociales o individuos. Ellos son parte constitutiva de una tecnología en la medida en que ella es tanto una estructura social como un conjunto de objetos²¹. Es el proyecto vinculado a la construcción del islote de racionalidad lo que permitirá seleccionar los actores que permanecerán en el proyecto.

✓ *Búsqueda de normas y condiciones impuestas por la técnica*

Por ejemplo: red eléctrica, prudencia cuando se apoya la plancha caliente, conocimiento del tipo de tejido que se plancha, normas de seguridad impuestas por la legislación, redes comerciales de distribución, etc. Se pueden distinguir las normas impuestas por ciertos poderes (el legislativo, la dirección de una empresa, la presión de la competencia, etc.), las que se imponen sin que se pueda saber quién las ha impuesto (por ejemplo, un hábito cultural rechazando las planchas demasiado pesadas o demasiado feas), o también aquellas que están inscritas en la realidad física o en la estructura del aparato (por ejemplo, una plancha de una cierta potencia impondrá fusibles y líneas de un cierto tipo).

✓ *Lista de posturas y de tensiones*

¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de esta técnica? ¿Cuáles son los valores a los cuales se apela a propósito de su uso? ¿Qué argumentos hacen valer los vendedores para venderla? ¿Cuáles son, por ejemplo, las variantes que hacen que se prefiera un determinado tipo de técnica?²²

²¹ Así, la tecnología del ferrocarril abarca mucho más que los trenes, los rieles y las estaciones; es también toda esa organización que es el ferrocarril (con lo que ella implica, como la estandarización del tiempo a través de un continente, mientras que antes esta estandarización se limitaba a la región desde donde se podía ver el reloj de la torre de cada población).

✓ *Lista de «cajas negras»:*

Es decir, la lista de subsistemas materiales y/o conceptuales que se podrían estudiar más a fondo o, inversamente, dejar de examinar. Esas «cajas negras» designan sujetos de estudio posibles (entre los cuales se elegirán los más importantes, lo que se llamará «abrir una caja negra»). En lo abstracto, la lista podría ser infinita. Se la cierra utilizando como criterios el contexto y el proyecto que define el objeto de estudio. Así, en el caso de la plancha, la lista de cajas negras pertinentes no será la misma para el vendedor, para el usuario, o para el ingeniero de la fábrica donde se la produce.

EJEMPLOS DE CAJAS NEGRAS PARA LA PLANCHA

el calentamiento por efecto Joule, la forma de la plancha, el tiempo necesario para que se caliente, su «diseño», la manera en que está construida, los diversos accesorios, los efectos del calor sobre los diversos tejidos, las cuestiones de seguridad, los diferentes materiales utilizados (y —para cada uno— sus propiedades y las razones de su elección), los hábitos de los usuarios, la imagen que tiene en la sociedad, las relaciones de los hombres y de las mujeres frente a ella, los usos inesperados, el efecto del peso sobre lo que se va a planchar, los riesgos de incendio, la manera en que se decide el precio de venta, las estrategias publicitarias, etc.

✓ *Lista de «bifurcaciones»*

Una bifurcación, que corresponde a menudo a una postura, designa un momento en el que un actor social —por ejemplo, un constructor, un vendedor o un usuario— es llevado a elegir una estrategia en detrimento de otra. Muchas de estas elecciones son técnicas, pero algunas tienen una dimensión ética (incluso política)²².

²² Una decisión técnica es una elección que excluye aquello que queremos hacer de nuestra vida, y se centra solamente en los medios: una elección ética (y también una decisión política) incluye los fines que nosotros nos fijamos.

EJEMPLOS DE BIFURCACIONES

los diferentes tipos de planchas, las elecciones de solidez, las clases de «diseño», la importancia que se le otorgue a la seguridad, a la solidez, al precio, la diferencia entre la plancha a vapor y la plancha a seco, ciertas elecciones técnicas como la de la aleación de la base de la plancha, de la instalación de un fusible y/o de una toma a tierra, etc. Estos son los puntos donde cada vez el constructor y/o el usuario tienen que elegir (y el vendedor debe elegir sobre qué fundamentará sobre todo su argumentación).

✓ Lista de especialistas y de especialidades involucradas

Las cuestiones planteadas en las etapas que preceden pueden recibir un principio de respuesta partiendo de lo que ya se conoce. Cada uno tiene algunas ideas de las medidas de seguridad necesarias para una plancha. Pero, para sobrepasar este nivel, importa ver lo que ciertas especialidades (como la física) o ciertos especialistas pueden aportar. Además, la consulta de especialistas puede corregir las representaciones erróneas.

Generalmente, los especialistas pueden ser considerados en relación con una especialidad intelectual o profesionalmente reconocida (como la física y la profesión de físico). Sin embargo, los usuarios son también especialistas, no necesariamente reconocidos socialmente como tales: alguien que plancha corrientemente es un especialista en planchas. De hecho, los usuarios no formados son excelentes especialistas de una tecnología que se quiere foolproof (al abrigo de los errores de los más «tontos» de sus usuarios). El «hombre de la calle», the layperson, ni productor, ni conocedor especializado, ni usuario, es una suerte de «especialista» que también hay que escuchar.

Hace falta pues hacer una lista de los que, eventualmente, podrían esclarecer el problema estudiado. Para cada islote de racionalidad, hará falta «cerrar» la lista sirviéndose, como criterios, de los elementos de su contexto.

UN CHEQUEO DE ESPECIALISTAS

los juristas, los economistas, los ingenieros, los psicólogos, los sociólogos, los historiadores, los profesionales de las disciplinas particulares (como la física, la química, la geología, etc.), los especialistas en ética, los diseñadores industriales, los filósofos y teólogos, los ecólogos, todos los diversos grupos vinculados con esta herramienta (desde quienes se ocupan de temas conceptuales hasta los usuarios, pasando, entre otros, por los obreros de la producción y los vendedores), y las personas de la calle.

2.3 Consulta de especialistas y de especialidades

De la lista producida precedentemente, se seleccionará para la consulta una u otra especialidad, lo mismo que las cajas negras que serán abiertas, en función del proyecto. La consulta de especialistas tiene un rol doble. En principio, el de responder a los interrogantes que uno se plantee (un ingeniero químico explicando, por ejemplo, la composición de la aleación de la base de una plancha). Enseguida el de indicar cómo un especialista ve las cosas y especialmente tener en cuenta lo que su visión puede alterar confrontándola con la visión primera sobre la cuestión²³. Esta etapa se vincula con la de la apertura de cajas negras (son los especialistas quienes pueden mostrar el interés de ciertos estudios más profundos). Esta fase será generalmente larga, aun si no está señalada aquí más que en algunas líneas.

2.4 Descenso sobre el terreno

Descender sobre el terreno es abandonar lo que se puede contar abstractamente sobre la tecnología, para confrontarse con ella más directamente. Hay diversas maneras de «descender sobre el terreno». En la sección precedente, se ha visto que se podía interrogar a un especialista. Se puede también «desmontar» la parte material de una tecnología (es lo indicado para la plancha¹). Sin embargo la tecnología no es únicamente un objeto, sino también una red social o material, conocimientos, etc.

²³ Los especialistas mostrarán especialmente la importancia de ciertas consideraciones que el equipo de trabajo puede haber dejado de lado.

Cuando se ha desmontado la plancha, ¡no se conocía todavía más que una pequeña parte de esta tecnología! Descender sobre el terreno puede entonces consistir en acudir a los lugares donde esta tecnología es utilizada o se vende (como entrevistador a una persona que planche mucho, o a un vendedor de electrodomésticos). Otro «descenso sobre el terreno» puede ser la lectura del folleto explicativo de una plancha, anotando todo lo que exigirla un estudio más profundizado. Aquí también el «descenso sobre el terreno» estará elegido en función de un proyecto y de los productores del islote de racionalidad.

2.5 Apertura profundizada de una u otra caja negra y descubierto de los «principios disciplinarios» que sustentan una tecnología

Esta etapa puede, a la manera de una investigación más fundamental²⁴, profundizar uno u otro aspecto del sujeto estudiado, con el aporte del rigor de una disciplina científica. Con la ayuda de un especialista, se puede abrir una u otra caja negra, como la de la producción de calor por efecto Joule. Pero las cajas negras interesantes no son todas de la competencia de una ciencia de la naturaleza; se puede también consultar una especialidad vinculada a una ciencia humana (por ejemplo, un estudio sociológico sobre el planchado o la estructura de las redes de distribución de estos aparatos). La modelización por el sesgo de las ciencias humanas se puede hacer también, de una manera parecida a la utilizada por las ciencias naturales. Aspectos más culturales (como la historia de la plancha o la crítica de las publicidades) son también cajas negras interesantes de abrir. Cada estudio es seleccionado en función del contexto, del proyecto, de los productores y de los destinatarios del islote de racionalidad.

Las elecciones dependen del proyecto, de manera flexible. No se dejarán de lado los intereses específicos del equipo ni el deseo (cultural) que se tenga de utilizar uno u otro concepto técnico de una disciplina. (Con los alumnos, se elegirán especialmente las cajas negras que conducen al estudio de nociones importantes en nuestro mundo científico-técnico

²⁴ Se reencuentra aquí un problema social propio de la sociedad tecnológica: cómo evitar que la atención necesaria a proyectos concretos se abra a una curiosidad que puede a veces conducir a sobrepassar ciertos límites. Hay que encontrar aquí un equilibrio, para lo cual no hay ni método ni receta.

y, luego, estrategias desde la perspectiva de una alfabetización científico-técnica. Más prosaicamente a veces, se eligen cajas negras que corresponden a los puntos del programa a estudiar —y si éste está bien hecho, esos puntos serán clave para la comprensión de nuestro mundo científico-técnico²⁵).

Esta apertura de cajas negras podrá ser la ocasión de una exposición disciplinaria clásica (a veces magistral), relativa a un principio disciplinario de la técnica estudiada. Se puede así estudiar el «principio físico» de la plancha (efecto Joule), o el «principio» de psicología social en la base de su «diseño», o el principio de los textos jurídicos relativos a la seguridad del aparato, o la historia del planchado. Estos «principios» son modelos que se procuran los especialistas disciplinarios de lo que, dentro de la tecnología, les interesa. Se trata de «explicaciones» limitadas de su funcionamiento, en el marco particular de una disciplina. Es el momento del trabajo disciplinario en la interdisciplinariedad. (Por ejemplo, el físico puede modelizar ciertos aspectos de la tecnología; puede también proponer nociones que él considera como prerrequisitos: corriente y circuito eléctrico, interruptor, etc). Esta enseñanza puede ser más o menos elaborada, yendo desde del curso elaborado a la presentación de diseños-modelos simples²⁶.

2.6 Esquemmatización global de la tecnología

Esta etapa puede consistir, especialmente, en la elaboración de una ficha diseñada del objeto (de una plancha, por ejemplo) y/o de un esquema de la organización social de la tecnología: es una síntesis parcial y «objetivada» del islote de racionalidad producido.

²⁵ El dominio de ciertos conceptos técnicos es en efecto una condición de un saber socializable y utilizable. La estandarización de los conceptos a través de las disciplinas (la ciencia normal de Kuhn) debe ser una parte integrante de la enseñanza escolar (Cf. Latour, 1989; Fourez, 1992a).

²⁶ Con los alumnos, es en la ocasión de este llamado a los especialistas y a las especialidades que se puede ver, «al pasar», ciertas teorías específicas de una disciplina. La apertura de ciertas cajas negras puede conducir al estudio de cuestiones a menudo dejadas de lado por las aproximaciones disciplinarias o los programas: ese sería el caso si se quisiera estudiar cómo el calor de la plancha suprime las arrugas de un tejido.

2. 7 *Abrir ciertas cajas negras sin la ayuda de especialistas*

Nadie es capaz de comprender todos los mecanismos técnicos sin la ayuda de especialistas. Pero, en lo concreto, uno es llevado a menudo a construirse una teoría (o una representación) de alguna cosa, sin disponer de los recursos «necesarios», ni en personas, ni en libros. Un reflejo «escolar» consiste entonces en rehusar embarcarse en las construcciones de saberes demasiado aproximativas. Esta actitud no es realista: en la vida, a menudo se debe actuar sin disponer de los conocimientos que uno consideraría deseables y adecuados... No se tiene siempre el tiempo o la posibilidad de comprender todo antes de actuar. Una ideología del rigor absoluto es perjudicial: en lo concreto, es necesario actuar, y para ello, construirse con los «medios disponibles» modelos que sean lo menos malos posible: pasar de una mayor a una menor ignorancia. Así, no se puede disponer de todos los especialistas soñados antes de decidir normas de seguridad para la utilización de una plancha en presencia de un niño. Del mismo modo, frente a un enfermo que se teme que sea contagioso, es necesario decidir las precauciones a tomar, sin poseer un diagnóstico cierto o un conocimiento profundo de los riesgos implicados.

Esta improvisación es necesaria para todo el mundo, pero es también la práctica de todos los investigadores. Los ingenieros o los médicos están formados para responder a diversas situaciones, como ellos puedan... Pero los investigadores en ciencias fundamentales deben hacer lo mismo: en los dominios de punta, se avanza como se pueda. Formar a los alumnos para actuar «como los científicos» es enseñarles a razonar lo mejor posible para actuar «racionalmente» en los contextos precisos. Es necesario pues saber proceder a la apertura de ciertas cajas negras «con los medios disponibles» (es decir, concretamente, reuniendo las informaciones de las cuales se dispone en una situación dada). Los criterios que servirán para la evaluación de los saberes están también ligados a la acción²⁷. Por ejemplo, a propósito de la plancha, se puede, en el contexto de una compra eventual, crear, con los medios disponibles, un modelo que permita una cierta optimización entre la solidez y el precio²⁸.

²⁷ Lo que no siempre quiere decir la acción *práctica, económica o material*. Así situarse en una cultura y en ella comunicarse con otros, es también un tipo de acción.

²⁸ Este cierre gracias al proyecto conserva su valor, *mutatis mutandis*, en un proyecto cultural, como el de comprender el origen de la especie humana o conocer la historia de la plancha.

La construcción de modelos «con los medios disponibles» puede tener un efecto educativo importante, en la medida en que se reproduzcan así las situaciones de la vida corriente en las cuales se deben tomar decisiones concretas.

2. 8 *Síntesis del islote de racionalidad producido*

En esta última etapa, se puede sintetizar, sea oralmente, sea en una nota escrita, el islote de racionalidad que se ha construido en función de su proyecto. En esta síntesis, uno a menudo hará que se «crucen» elementos muy variados. Es necesario proceder allí a la manera de los buenos periodistas que utilizan conocimientos de diversa procedencia para cerrar una emisión. En este contexto, dos tipos de preguntas son particularmente pertinentes.

¿En qué medida lo que nosotros hemos estudiado nos ayuda a «negociar» con el mundo tecnológico enfocado? ¿En qué nos ayuda esta cierta autonomía en el mundo científico-técnico y en la sociedad en general?

¿En qué forma los saberes obtenidos nos ayudan a discutir con mayor precisión las decisiones a tomar? ¿De qué manera esto nos brinda una representación de nuestro mundo y de nuestra historia que nos permite situarnos mejor y comunicarnos con los otros?

3. *Islote de racionalidad con respecto a una alimentación apropiada para conservar «la línea»*

Vamos a evocar aquí, de una manera más sucinta que en la sección precedente, los recorridos en torno a una situación menos «técnica». Esta puede fácilmente ser tratada en clase: los productores y los destinatarios del islote de racionalidad son los alumnos; el proyecto de «conservar la línea» es claro. A propósito del contexto, se precisará esencialmente el tiempo disponible para la producción de este islote. Ese conjunto permite cerrar la investigación (y así evitar la aproximación por temas).

3. 1 El cliché

Se puede comenzar por hacer que alumnos expresen espontáneamente cómo ven la alimentación, sin construir al respecto una representación crítica y rigurosa. Para completar el cliché, se puede apelar a un dietista, sabiendo bien que muy a menudo, nos dará una visión *quasi* unilateral de la alimentación, condicionada por su especialidad.

ALGUNAS CUESTIONES

¿Por qué uno se nutre? ¿De dónde proviene la mayor parte de nuestra alimentación? ¿Cómo vivimos, nuestras comidas? ¿Cuáles son los sectores de la existencia y de la sociedad involucrados en la alimentación? ¿Por qué se relaciona cada vez más la alimentación con la salud? ¿Qué significa «conservar la línea»? ¿Por qué se quiere hacerlo? ¿Qué es lo que uno está dispuesto a hacer al respecto? ¿Tiene la alimentación el mismo significado para nuestros países y para los países en desarrollo? ¿Cuáles son las posturas económicas ligadas al sector alimentario?

3. 2 La elaboración del panorama espontáneo.

✓ La carta de actores involucrados

Por ejemplo

los consumidores, los que preparan los alimentos y/o los sirven, los que los compran o los venden, los técnicos y los accionistas de la industria de la alimentación, los dietistas, los propietarios de restaurantes, los publicistas, los que tienen hambre en el tercer mundo, etc.

✓ La lista de normas

Se puede especialmente distinguir aquellas que son impuestas por el poder: etiquetado de mercaderías, normas de calidad, de conservación, de control, etc. A continuación, las que se imponen sin que se pueda verificar quién las ha establecido: por ejemplo, la predilección por los

productos ecológicos. La emergencia de nuevos valores en nuestra sociedad, tales como el mejoramiento de la calidad de vida, la vida sana, etc.

✓ La lista de posturas y tensiones

La tensión entre los placeres de la mesa y sus consecuencias sobre la salud y sobre la línea. Los intereses de los consumidores y los de los industriales del sector alimentario (y del *agro business*), los de los agricultores. ¿Hay tensiones entre la voluntad de una política alimentaria común y los intereses de los industriales?

✓ La lista de cajas negras

Por ejemplo

la educación para la salud, la incidencia del comportamiento alimentario sobre nuestra salud, las recomendaciones dietéticas, los simbolismos de los comportamientos alimentarios, la influencia de la cultura (y de la economía) sobre el tipo de alimentación, la importancia dada a la imagen del cuerpo en nuestra sociedad y su relación con la puesta en práctica de regímenes para adelgazar, el proceso de degradación y de integración de los alimentos en nuestro organismo, la composición de nuestros alimentos, los problemas ligados a la demografía mundial, la evolución de la alimentación en el curso de la historia, la influencia de la publicidad sobre nuestros comportamientos y su impacto a nivel psicológico, la oposición entre diversos intereses, etc.

✓ La lista de los especialistas y de las especialidades

A cada una de las cajas negras corresponden especialidades y especialistas a los cuales se podrá apelar más tarde.

Por ejemplo

la biología, la dietética, la psicología y la psiquiatría, la estética, la agronomía, el agricultor, el panadero, la sociología, la

medicina y ciertas disciplinas paramédicas, la etnogeografía, la religión, la historia, la química y la bioquímica, la física, las biotecnologías, la ecología, la economía, la política, el derecho, la ética. Todo esto sin olvidar los «especialistas no-especialistas» como los consumidores.

✓ *La lista de bifurcaciones*

Los lugares de decisiones corresponden a las posturas asumidas. A muchas bifurcaciones les corresponden decisiones éticas, incluso políticas.

POR EJEMPLO

la elección entre una alimentación sana y el placer de la mesa, la elección entre una orientación ecológica y una producción masiva, la elección entre normas relativas al comercio de alimentos y la libertad de todo vendedor, las elecciones en materia de educación para la salud y de información popular, las elecciones de programas de investigación en esta materia, las elecciones de la política agrícola común de Europa, las elecciones en los tipos de control de alimentos, etc.

3.3 *El aporte de los especialistas y de las especialidades*

En esta etapa se elige a qué especialistas consultar. Dos tipos de criterios son preponderantes: la situación y el proyecto seleccionados al principio (alimentación para mantener la línea) y los objetivos escolares²⁹ (nociones científicas importantes a dominar o impuestas por el programa). Esta consulta con especialistas se vincula con la apertura ulterior de una u otra caja negra.

²⁹ En este caso, uno se encuentra confrontado con la tensión evocada por Layton (1993) a propósito de las tecnologías: ¿son enseñadas con miras al aprendizaje de las disciplinas, o se estima que el aprendizaje de las tecnologías (o de la interdisciplinariedad) es un objetivo escolar en sí, en la perspectiva de una alfabetización científico-técnica? En la práctica, es sin duda necesario llegar a un compromiso.

3.4 *Descenso sobre el terreno*

POR EJEMPLO

examinar los menús de una semana en la cafetería y compararlos con las recomendaciones formuladas por los dietistas; relacionar ciertos comportamientos alimentarios con las enfermedades más frecuentes en nuestras regiones; examinar cómo, según las clases sociales, la gente se nutre de manera diferente y maneja diversamente sus gastos en alimentación. Decodificar los mensajes publicitarios de una cadena de T.V., la mismo que las actitudes de defensa de los consumidores con respecto a los mismos.

Este descenso sobre el terreno puede aproximarse bastante a la apertura de una o de otra caja negra. Pero difiere en que, en esta etapa, el acento está puesto sobre la experiencia propia y la confrontación con situaciones concretas vividas, mientras que la apertura de cajas negras estará más orientada hacia especialidades disciplinarias vistas como medios para analizar situaciones concretas.

3.5 *Apertura por un especialista de una u otra caja negra y descubrimiento de principios disciplinarios en su base*

Esta etapa puede ser comparada con una investigación más «fundamental» desencadenada por el proyecto interdisciplinario, y destinada a esclarecerlo³⁰. Es también dentro de esta parte del modelo que se puede, «al pasar», estudiar uno u otro capítulo clásico del programa.

POR EJEMPLO

apelar a un biólogo para estudiar el sistema digestivo; a un sociólogo para la diferencia entre los hábitos alimentarios de los hombres y de las mujeres; a un jurista para las normas de calidad; a un psicólogo para las actitudes anoréxicas o bulímicas; a un dietista para la manera en que esta disciplina

³⁰ Un dossier interdisciplinario sobre la alimentación (redactado por V. Englebert-Lecomte conteniendo entrevistas con diversos especialistas) está disponible en el departamento «Ciencias, Filosofías, Sociedades» de la FUNDP, B5000, Namur, Bélgica.

clasifica los alimentos; a un historiador para las actitudes en este dominio a través de las épocas; a un filósofo o a un especialista en ética para cuestiones de su área; a un profesor en hotelería para la dimensión estética de un menú; etc.

3. 6 *Esquemmatización global de la alimentación*

Después de estas etapas es posible proporcionarse, desde la perspectiva elegida, una representación teórica de la alimentación: un islote (o islotes) de racionalidad a este respecto.

3. 7 *Apertura de ciertas cajas negras sin la ayuda de especialistas*

Aquí es posible ubicar el ejercicio que consiste en elaborar un islote de racionalidad relativo a un tema cuando ningún especialista está disponible. Por ejemplo, se podría examinar cómo mejorar el comportamiento alimentario de alguien que tiene ardor estomacal, utilizando solamente los conocimientos disponibles en la clase.

3. 8 *Síntesis del aprendizaje*

Aún aquí es posible resumir la investigación preguntándose en qué sentido el estudio realizado permite negociar más racionalmente las prácticas alimentarias de cada uno, y en qué ha suministrado una representación cultural más elaborada de las mismas.

4. *Aplicación flexible del modelo sobre los congelados descongelados*³¹

Las pistas de modelización para un trabajo interdisciplinario deben utilizarse con flexibilidad. Como modo de subrayarlo vamos a proponer al respecto una aplicación, sin volvernosc esclavos de los esquemas propuestos.

³¹ Esta sección es una adaptación de un artículo aparecido en el *Courrier du Cethes*: G. Fournier y Ch. Cabiaux, «Créer des flots de rationalité autour des questions concrètes», n° 11, 1990.

Partiremos de una cuestión concreta: «¿Qué actitud adoptar frente a alimentos congelados que han sido parcialmente descongelados?».

La mayor parte de la gente sabe que no se puede volver a congelar un producto descongelado (es suficiente por otra parte leer a este respecto ciertas consignas impresas en los envases); pero esta prescripción no resuelve todo. Lo mismo ocurre con la observación de normas populares, del tipo: «No se dejan las plantas de noche en la habitación de un enfermo» o también «Es necesario ponerse el cinturón de seguridad». Estas normas tienen a menudo cierto fundamento, pero no es siempre evidente que sean adecuadas en todos los contextos. Así, ¿se puede o no volver a congelar un producto dos o tres días? Y si, entre el comercio y mi congelador, el producto se descongela apenas en la superficie, ¿lo indicado es tirarlo? ¿Cuáles son los riesgos en todo caso? ¿Y cuáles son los riesgos que estoy dispuesto a tomar personalmente (por ejemplo para economizar dinero)? ¿Y cuáles son las normas que yo estaría dispuesto a dar o a seguir al respecto en la cocina familiar? ¿Y en la cocina de una cafetería? Para responder a tales cuestiones, es necesario entrecruzar saberes científicos, económicos, jurídicos, etc.; y finalmente tomar una decisión ética. Es lo que hemos llamado la construcción de un islote de racionalidad alrededor de una cuestión concreta.

Para las necesidades de una presentación analítica, hemos dividido el camino en once etapas. Ellas están presentadas en un orden arbitrario a adaptar según el contexto. La secuencia propuesta aquí puede ser utilizada en diferentes niveles. El alumno de primaria no lo profundizará tanto como el de una clase avanzada del ciclo secundario. Y, sin duda, ninguno de los dos irá tan lejos como la persona encargada de determinar las normas sobre la manipulación de los congelados dentro de una empresa de congelación. Sin embargo, todos seguirán caminos similares.

Lo que nos proponemos aquí no tiende simplemente a buscar una respuesta a la pregunta: «¿Por qué no hay que volver a congelar alimentos que se descongelaron?». Tal cuestión, buscando una explicación a la norma, tiende en efecto a orientar la respuesta hacia uno u otro campo disciplinario. (Por ejemplo, se dirá que la razón es que algunas bacterias pueden desarrollarse a pesar del hielo. O que la congelación ha roto ciertas membranas celulares.) Lo que se busca comprender aquí, más que el porqué, es el campo de pertinencia de la norma. Queremos llegar a darnos un islote de racionalidad que nos aclare sobre el conjunto de los alcances de la norma, de manera que se pueda decidir, con conocimiento de causa, lo que se hará.

4. 1 Primera etapa

Comenzamos por una cuestión o una norma popular, como las que presentamos antes. Importa verificar cuáles son las ideas que tienen los alumnos a propósito de esta cuestión. Por ejemplo, ¿han oído o no hablar de una política a seguir acerca de los congelados? En esta primera etapa se puede ya ver lo que se conoce sobre las «posturas» promovidas por la pregunta. Para los supercongelados, por ejemplo, posturas ligadas a la higiene, la economía, la ética, a la responsabilidad civil para los restaurantes, etc. La cuestión «popular» de la cual se parte es a menudo global, y según los criterios usuales, mal planteada (por ejemplo, si uno se pregunta si el río no está demasiado contaminado, hay que precisar la palabra «demasiado»). Hay entonces un trabajo por hacer para darle precisión a la pregunta, sabiendo bien que haciéndolo se corre el riesgo de reducirlo a una dimensión demasiado estrecha.

4. 2 Segunda etapa

Los alumnos pueden aprender más preguntando a sus padres, a los profesores, a comerciantes o a profesionales. Estos pueden así elaborar someramente el estado de la cuestión, según la sabiduría popular (una suerte de panorama del problema).

4. 3 Tercera etapa

Esta recolección de informaciones (que produce un primer enriquecimiento de la visión teórica de los alumnos) va a conducir a saber netamente más sobre el tema. Esto llevará a los alumnos a plantearse nuevas preguntas a propósito de las cuales será necesaria una investigación. Puede ser interesante reunir todas estas preguntas en una lista: se verán más tarde aquellas que han dado lugar a una respuesta, y a... ¡otras preguntas!

4. 4 Cuarta etapa

En este momento, los alumnos son capaces de determinar las posturas existentes en torno al problema. Con esta expresión designamos las razones que hacen que la respuesta a la cuestión se considere importante. La cuestión de la congelación revelará, por ejemplo, posturas referentes a la higiene, pero también a lo económico, ético, psicológico, y otras. Ciertas

posturas pueden ser evidentes (como las referidas a la higiene), otras menos (como la dimensión psicológica de estar seguro de lo que se va a comer). Esta cuarta etapa es importante pues muestra los contextos que darán sentido y valores a los saberes. Todo saber, científico o técnico, extrae su significación de tales contextos. Importa que los alumnos lo sientan y lo sepan.

4. 5 Quinta etapa

Esta etapa consiste en traducir, en la medida de lo posible, las cuestiones del lenguaje popular al lenguaje de ciertas disciplinas (o también al lenguaje de ciertos especialistas). Como por ejemplo, traducir con precisión la pregunta: ¿costará caro tirar los alimentos descongelados? Es necesario entretanto llegar a producir una lista de preguntas que se planteará a los especialistas. Este proceso es a menudo realizado por ingenieros o médicos, que deberán encontrar dentro de las categorías disciplinarias informaciones útiles a sus investigaciones.

Cuando hablamos de especialistas, no designamos necesariamente a los «expertos» exteriores a la escuela: los profesores de ciencias, de economía, de moral, etc., son todos «especialistas». Para ciertos casos (y la cuestión de los congelados descongelados y vueltos a congelar es sin duda uno), el docente deberá, para desempeñar apropiadamente el rol de «especialista», consultar artículos, obras o expertos. Si hablamos aquí de enseñanza por especialistas es para indicar que llegamos al momento en que las disciplinas particulares tienen que aportar su esclarecimiento a los problemas concretos que no pueden, no obstante, ser encerrados en una sola disciplina.

4. 6 Sexta etapa

Enseñanza por los especialistas. Una vez trasladadas las cuestiones a las disciplinas, se trata de recibir una enseñanza de los especialistas. En el caso que nos ocupa, deberán proveer modelos para comprender cómo los productos pueden deteriorarse cuando su temperatura sobrepasa los -18°C . Otras informaciones disciplinarias podrán igualmente ser provistas, tanto sobre la manera en la cual un producto se descongela como sobre ciertos «trucos» (por ejemplo ¿qué pasa si uno vuelve a cocer un alimento congelado?). Estas enseñanzas de los especialistas pueden ser más o menos profundizadas siguiendo el nivel de los alumnos. Así, lo que podría en primer año del secundario reducirse a algunas nociones, se transformará

en un curso más profundo en una clase más avanzada. Recordemos que se trata aquí de una enseñanza necesariamente disciplinaria: se pide a un especialista que explique lo que conoce de ciertas cuestiones y que la clase no puede encontrar por sí misma. Dentro de esta sexta etapa, es posible mostrar a los alumnos la importancia de disponer de un gran número de especialistas en ciencias y en tecnologías. Se puede así educar a la clase para el «buen uso de los expertos».

En esta etapa, es a veces interesante abrir una caja negra que satisfaga más un interés de curiosidad que un utilitarismo práctico. Se podría, por ejemplo tener interés en acudir a un sociólogo que hable de las diversas maneras en que gente de culturas o de subculturas diferentes toman en consideración las normas de higiene. O a un biólogo que hable más en detalle de la manera cómo se propagan las bacterias a baja temperatura.

4. 7 Séptima etapa

A continuación de la enseñanza del especialista, la clase podrá proceder a ciertas experiencias y/o cálculos para verificar la pertinencia en el contexto estudiado. (¡Pues todas las teorías no son automáticamente pertinentes en situaciones concretas!) Podría ser interesante hacer una u otra experiencia sobre la manera en la que se descongelan productos diferentes.

4. 8 Octava etapa

Construcción de un modelo (o de un islote de racionalidad). Se trata, en fin, de construirse una representación de las múltiples dimensiones del fenómeno. Este modelo será a menudo interdisciplinario (tal será el caso para los supercongelados); contendrá también tantos elementos de disciplinas científicas clásicas como consideraciones económicas, sociales, jurídicas, etc. En esta etapa, es posible escribir un verdadero informe sobre el fenómeno estudiado. (Puede ser que, para la redacción de este informe, los docentes deban proveer una ayuda importante a los alumnos que a menudo se sienten poco aptos para redactar; por otra parte, podría intervenir el profesor de lengua.)

4. 9 Novena etapa

Una vez construido el modelo, se puede proponer un conjunto de normas para la acción. Por ejemplo, escribir normas sugeridas a cocineros

que utilicen congelados (o para restaurantes). Estas normas no pueden ser deducidas del islote de racionalidad construido. Entre este último y la elaboración de las normas se sitúan, en efecto, elecciones de valores. Hay que decidir el peso que se dará a diversos elementos: los riesgos que se estiman tolerables, los costos de una o de otra práctica, y a veces también la credibilidad que se da a los «resultados científicos reunidos». Para decidir acerca de estas normas, es posible hacer sentir a los alumnos que aquí se trata propiamente de una negociación política. Se puede hacer funcionar la clase como un parlamento llamado a legislar. Esta parte es particularmente difícil de elaborar. Aun aquí, la interdisciplinariedad será útil: el profesor de lengua para redactar, un profesor de ciencias humanas para analizar el desenvolvimiento del debate. Un profesor de moral podría también ayudar a clarificar los valores implicados en las elecciones. Se puede, en fin, partir de las normas existentes, discutir su pertinencia (la que depende siempre de ciertas elecciones éticas o políticas) y hacerse una representación de ellas que pueda ser utilizada por un público dado para aplicarlas «inteligentemente» (o si se quiere, «racionalmente»). (Tal interpretación puede ser considerada como una «vulgarización» científica que, superando el efecto vitrina, permite a las personas adquirir cierta autonomía y cierto dominio sobre su vida.)

4. 10 Décima etapa

Aprender a negociar las normas. Generalmente, las normas que se produzcan están muy bien circunscriptas, pero se revelan a veces inadecuadas en lo concreto. Por ejemplo, ¿cómo se va a manejar el congelador en un país donde los cortes de electricidad son frecuentes? Hay múltiples maneras posibles que serán esclarecidas por los conocimientos que se han adquirido. Así, el aprendizaje de la negociación puede hacerse fácilmente alrededor de una cuestión como la que se ha tratado aquí.

4. 11. Undécima etapa

Investigación de situaciones donde se pueden aplicar los conocimientos adquiridos. Los resultados obtenidos en el proyecto pueden echar luz sobre otras cuestiones, sea de la vida cotidiana, o sea de diferentes disciplinas científicas. Por ejemplo, lo que se ha aprendido a propósito de los congelados puede ser útil para cuestiones concretas como las de la

preservación de alimentos durante el verano. Informaciones sobre la aislación térmica pueden también ser utilizadas en otros contextos. Puede ser útil terminar el proyecto examinando todas las aplicaciones anexas a los resultados obtenidos.

4. 12 *Décimosegunda etapa.*

Es posible, si se desea, hacer una reflexión más cultural, ética, o estética a propósito del camino propuesto. Se trata de una reflexión sobre la manera cómo uno puede estar más integrado en un mundo concreto cuando se es capaz de «manejarlo» mejor. Se puede así explorar el placer que hay en encontrarse bien en una situación compleja, y de saber disfrutarlo. Disfrutar también de la manera en la que se puede comunicar a otros lo que se ha comprendido. Reflexionar también sobre la ambigüedad del saber: ¿cómo se va a utilizar frente a otros que conocen menos de esto? Reflexionar sobre lo que significa la distribución del saber (¡y del poder correspondiente!).

OBSERVACIÓN

El recorrido que proponemos puede efectuarse en diferentes niveles. Como se lo ha señalado en la sexta etapa, un especialista puede explicar los fenómenos relativos al descongelamiento tanto a los alumnos de primaria como a los ingenieros encargados de la congelación. Lo que es característico de este recorrido, es que sitúa el aprendizaje en el contexto concreto de un problema a resolver. De esta manera, enfoca dos objetivos: el aprendizaje de la utilización de las ciencias para la construcción de islores de racionalidad alrededor de situaciones concretas, y el dominio de cierto número de nociones o de modelos disciplinarios precisos.

5. A modo de conclusión...

Se podría creer que la aproximación interdisciplinaria propuesta enfoca únicamente cuestiones «utilitarias» como las vinculadas a las tecnologías o a una práctica concreta como la alimentación. Sin embargo, una secuencia similar puede ser adoptada para estudiar cuestiones más «culturales» como la de la evolución. Aquí también se puede comenzar por un cliché, después un panorama más elaborado pero todavía espontáneo, cada vez adaptando la grilla propuesta. Así, para esta cuestión, los actores

involucrados serán más a menudo actores científicos o culturales²²; las normas se referirán a maneras de pensar o principios epistemológicos, las tensiones serán más ideológicas, etc. Pero el conjunto del recorrido sigue siendo el mismo²³.

Como se oye a veces a docentes decir que no hay realmente cuestiones concretas que podrían ser el objeto de tal secuencia, he aquí unas cuantas, a modo de ejemplo. Algunas son más fáciles de «manejar» que otras.

- ¿Cuándo y cómo colocar una conexión a tierra en un aparato eléctrico?
- ¿Cómo obtener un efecto óptimo para el cultivo bajo vidrio, bajo camas o bajo plástico?
- ¿El cinturón de seguridad debe ser obligatorio?
- ¿Con qué frecuencia hay que pintar el marco de una ventana?
- ¿Qué uso se puede hacer de los productos ignífugos para proteger los materiales inflamables (tapicería en yute, por ejemplo) próximos a una fuente de calor intenso (como un horno de barro)?
- ¿Qué precauciones hay que tomar cuando se colocan cables eléctricos en un sótano húmedo?
- ¿Se puede, en ciertas condiciones, introducir un metal en el horno de microondas?
- ¿Qué precauciones hay que tomar cuando se usa soda cáustica, ácido clorhídrico u otros productos para destapar las cañerías?
- ¿Cómo encontrar el óptimo térmico y económico para el aislamiento de un techo?
- ¿Cómo y cuándo proceder al descongelamiento de las heladeras?
- ¿Cómo proceder racionalmente cuando se alquila una vivienda?
- ¿Se pueden dejar plantas en un dormitorio por la noche?

²² El «objeto» que constituye la evolución está definido por el cruzamiento de una multitud de puntos de vista de actores involucrados por esta definición, del biólogo al filólogo o al teólogo, pasando por los paleontólogos y los historiadores. Como todo concepto científico, el de «evolución» es una institución social que no toma su significación más que dentro de un cuadro cultural preciso (Cf. Callon 1976, Latour, 1989, Stengers 1987, Fourez 1992a).

²³ Cf. Mathy, 1993: sin utilizar la misma grilla que la que presentamos acá, el autor muestra allí cómo este sujeto puede ser examinado de una manera mucho más abierta que la que se ve a menudo en los manuales de biología. Por otra parte, la grilla que nosotros proponemos muestra que es posible abrir el estudio de la evolución todavía más de lo que él lo ha hecho.

- ¿Cuánto tiempo se pueden dejar alimentos como carne, legumbres o leche, afuera, a la temperatura ambiente, durante el verano? (¿Qué pensar de la práctica constante de hacer manir la caza?)

- ¿Qué pensar de la consigna que impide nadar después de una comida? (¡Sabiendo que en Estados Unidos ella no existe!)

- ¿Qué actitud tomar frente a un agua «más o menos potable»?

- ¿Cuánta iluminación se necesita para leer un libro?

- ¿Hay que tomar precauciones cuando se usa detergente para lavar la vajilla?

- ¿Plantea problemas ecológicos el uso de herbicidas para los jardines?

¿Plantea otros problemas?

- ¿Se derraman demasiados materiales contaminantes en el río o en el arroyo que atraviesa la localidad? (Por ejemplo, el derrame, en un arroyo, de una cerveza mal lograda en una cervecería regional ¿constituye o no una polución?)

- ¿Cuál es el rol de un pozo séptico, de un pozo negro?

Las etapas que proponemos aquí constituyen un modelo pedagógico que no resuelve las dificultades pedagógicas de detalle, pero proporcionan un cuadro, entre otros posibles, que permite abordar el estudio de cuestiones para las cuales un abordaje disciplinario es demasiado estrecho. Además, propone un método para aprender a pensar como lo hace la corriente del pensamiento científico orientado por proyectos y representado especialmente por los ingenieros, los arquitectos y los médicos, y finalmente por todos nosotros cuando no queremos reducir a una sola dimensión las situaciones concretas que encontramos.

EJEMPLO DE SÍNTESIS DE UNA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA:

ISLOTE DE RACIONALIDAD EN TORNO DEL HORNO DE MICROONDAS

Nota: CNPSA significa «Caja negra que puede ser abierta»

El horno de microondas recalienta el agua de los materiales sometidos a su acción. Funciona gracias a la producción de ondas electromagnéticas (CNPSA) del mismo periodo (CNPSA) que el de la vibración de la molécula de agua (CNPSA). Recalienta también los metales (CNPSA). Es por esto que es mejor no ponerlos nunca en el horno, aunque en ciertas condiciones es posible (CNPSA).

Permite sobre todo recalentar alimentos sin quemarlos ni desecarlos demasiado (CNPSA). Permite también cocinar cierto número de platos (CNPSA), pero no roisarlos (CNPSA). Permite descongelar en poco tiempo alimentos congelados (CNPSA) (lo que presenta a veces problemas a los ecologistas) (CNPSA). La mayoría pueden ser regulados según diversas intensidades (CNPSA) y poseen minuteros (CNPSA). Los hay más complicados, pero en la práctica poca gente utiliza todas sus potencialidades (CNPSA).

Esta tecnología ha introducido una nueva competencia en la industria de platos listos para hornear en un horno tradicional (CNPSA). Se puede estudiar la manera en la que los productores de ese rubro han reaccionado (CNPSA). Ha tocado también el mercado de la vajilla, favoreciendo los platos redondos y los platos sin componentes metálicos (CNPSA).

Ciertas personas manifiestan miedos a propósito del peligro posible de las ondas emitidas. El sistema de seguridad permite mantener esas ondas en el interior del horno (caja de Faraday) (CNPSA). Puede ser interesante estudiar los caminos a seguir, en diferentes países, para colocar tal producto en el mercado (CNPSA).

Como el tiempo de cocción es proporcional a la cantidad de alimentos (CNPSA), ¿privilegia sobre todo las cocinas para una o dos personas (CNPSA). La facilidad con la cual se recalienta un plato permite más fácilmente llegar tarde, lo que puede cambiar la manera de vivir de una familia (CNPSA). Es un buen ejemplo que muestra que una tecnología engendra su organización social (CNPSA).

El horno de microondas se torna de más en más «indispensable», como muchos aparatos domésticos (CNPSA). Su precio era bastante elevado hace algunos años, pero ha decrecido fuertemente después (CNPSA). ¿Cómo los productores han tenido éxito en hacer aceptar este aparato a nuestra sociedad (CNPSA)? ¿Cuáles fueron y son actualmente las estrategias de venta (CNPSA)?

Un horno de microondas, como todo aparato electrodoméstico, goza siempre de una garantía obligatoria según las leyes de protección al consumidor (CNPSA).

Han aparecido en los años setenta y se puede narrar la historia de su invención y de su triunfo sobre el mercado (CNPSA). No ha penetrado simultáneamente en todas las clases sociales (CNPSA).

6. Bibliografía

- AAAS (American Association for the Advancement of Science): *Science for All Americans, Project 2061*, Washington DC, 1989.
- Aikenhead G.: *L'approche STS et l'apprentissage des sciences*, n° especial del *Courrier du Cethes*, Namur, 1992.
- Bensaude-Vincent B. y Stengers I.: *Histoire de la Chimie*, Paris, La Découverte, 1993.
- Bijker W.: «Life after Constructivism», en *Science, Technology & Human Values*, 1993, vol. 18, n° 1, pp. 113-138.
- Brinckerhoff R. F.: *Sciences, Technologies et Société au quotidien*, Bruxelles, De Boeck Univ., 1992.
- Callon M.: «L'opération de traduction comme relation symbolique» en Roquello ph. éd., *Incidence des rapports sociaux sur le développement scientifique e technique*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, 1976, pp. 105-141.
- de Certeau M.: *L'invention du Quotidien*, Paris, coll. 10/18, U. G. E., 1980 (nueva ed. Gallimard, col. Folios-Essais, 1990)
- Laroche M. & Desautels J.: *Autour de l'idée de science: itinéraires cognitifs d'étudiants*, Bruxelles, De Boeck Université, 1992.

Desautels J. & Laroche M. *Qu'est-ce que le savoir scientifique*, Québec. Pr. de l'univ. Laval, 1989.

Fourez G. & Tilmans-Cabiaux ch.: *Las ciencias doivent-elles s'enseigner par discipline*, n° especial del *Courrier du Cethes*, n° 10, 1990.

Fourez G.: *La construction des Sciences*, Bruxelles, Ed. De Boeck Univ., 1992 (a).

Fourez G.: «La Formation des Jeunes par les Sciences» en *Humanités chrétiennes* XXXV, n° 4, 1992 (b), pp. 341-349.

Fourez G.: «Pour un enseignement technologique dans le secondaire» en *Courrier du Cethes*, n° 18, 1992 (c), pp. 24-43.

Fourez G.: «Alphabetisation scientifique et flots de rationalité» en Giordan A., Marinand J. L. & RAICHVARG éd., *Actes JIES XIV*, ChamoniX, 1992 (d), pp. 45-56.

Giordan A.: «Culture scientifique et technologique, régulation de la démocratie et vie quotidienne» en *Enseigner les sciences en l'an 2000*, (coord. G. Fourez), Namur, Presses Universitaires, 1989.

Habermas J.: *La science et la technique comme idéologie*, Paris, Gallimard, 1973.

Knorr-Cetina & Mulkey M.: *Science Observed*, London, Sage, 1983 (traducido como *La science telle qu'elle se fait* aux éditions Pandore).

Kuhn T. S.: *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

Latour B. & al.: *Ces réseaux que la raison ignore*, Paris, L'Harmattan, 1992.

Latour B.: «The impact of Science Studies on Political Philosophy», en *Science, Technology & Human Values*, 1991, vol. 16, n° 1, pp. 3-19.

Latour B. & Woolgar S.: *Laboratory Life, the social construction of scientific facts*, Los Angeles, Sage, 1979 (trad. franc., Ed. La Découverte, Paris, 1988).

Latour B.: *La science en action*, Paris, Ed. La Découverte, 1989.

Layton D.: *Technology's challenge to science education*, Buckingham, Open University Press, 1993.

Martinand J. L.: «Enjeux et ressources de l'éducation scientifique» en Giordan A., Marinand J. L. & RAICHVARG éd., *Actes JIES XIV*, ChamoniX, 1992, pp. 57-65.