

CLAXTON, G. (1994) *Educación de mentes curiosas: el reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor. Traducción de CLAXTON, G. (1991) *Educating the inquiring mind: the challenge for school science*. New York: Harvester Wheatsheaf

CAPÍTULO 1

¿Ciencia para todos?

Donde el niño pequeño tiene una mayor ventaja, al menos hasta que su pensamiento es echado a perder por los adultos, es en situaciones —y muchas sino la mayoría de las situaciones de la vida diaria son así— en las que hay tantos datos aparentemente sin sentido que es imposible decidir qué preguntas plantear. Es mucho mejor aceptando este tipo de datos, es más capaz de tolerar su confusión, y es mucho mejor captando las pautas, oyendo la débil señal entre tanto ruido. Sobre todo, tiende mucho menos que los adultos a extraer conclusiones inflexibles a partir de datos demasiado pocos o, habiendo llegado a estas conclusiones, a rechazar la consideración de nuevos datos que no las apoyen. Y muy bien puede ocurrir que, en nuestra prisa por hacer que el niño piense como nosotros, atrofiemos o destruyamos estas aptitudes vitales del pensamiento en el proceso de «educarle».

John Holt

Todo el mundo parece estar de acuerdo en que, para los jóvenes de hoy, es importante saber algo del mundo de la ciencia y que es tarea de la escuela garantizar que esto ocurra. Según este argumento, vivimos en un mundo tecnológico donde cada uno de nuestros movimientos es canalizado por los productos de la ciencia y está influido por ellos. En estos tiempos, no se puede nacer —ni se puede morir— en el mundo industrializado sin la ayuda de la ciencia. Desde las máquinas que pueden mantener vivos residuos de vida, pasando por los pañales que eliminan por arte de magia sus contenidos y los fármacos contra la enfermedad de Alzheimer, hasta la música ambiental de las salas de espera de las funerarias, nuestras necesidades y nuestros intereses son despertados, dirigidos y satisfechos por las aplicaciones de la ciencia. Abramos el periódico —que es hoy un producto de alta tecnología como el que más— y cada día leeremos algo sobre «huellas dactilares» genéticas, delitos informáticos, granjas mecanizadas y pruebas *antidoping* en atletas; encendamos el televisor, cuya imagen es la punta de un gigantesco iceberg de sofisticada física, y seremos bombardeados con anuncios de margarinas «polisaturadas», detergentes en polvo que utilizan «enzimas» y automóviles con «convertidores catalíticos».

Para no sentirnos desamparados en un mundo «polisaturado» de ciencia, de sus creaciones y de su jerga, debemos comprender de qué va el asunto,

aunque sea a un nivel rudimentario. Hoy por hoy no se puede esperar de nadie que sea capaz de arreglar su TV, su microondas, su ordenador personal y ni siquiera el coche «hecho a mano» por robots. Pero si sabemos lo suficiente para poder hablar con los expertos, y gozamos de la suficiente confianza para insistir en que expliquen qué va mal y qué es lo que intentan hacer al respecto, entonces tenemos una gran ventaja. Quizá esto sea de lo más esencial en el ámbito médico, donde necesitamos saber lo suficiente para tomar decisiones fundamentadas sobre nuestra propia salud en base a la información que los médicos puedan ofrecer. Pero la sensación de control en muchas áreas de la vida depende de una cierta familiaridad con la tecnología y con los principios que la sustentan. Incluso revistas de consumo como *Which?* necesitan algunas razones científicas para comprender el propósito y el significado de los tests sobre los que informan. Y hoy en día es casi una necesidad el poder ofrecerse a uno mismo una cierta «defensa del consumidor». Es importante saber —o, mejor, poder averiguar— si es realmente cierto que los conservantes artificiales, los «números E» y las sartenes de aluminio son perniciosos para nuestra salud, bajo qué circunstancias y por qué. Es útil poder determinar si el artilugio para radiadores de calefacción central, que cuesta 6.000 pesetas de más, realmente rendirá lo que vale, o si no es más que un cacharró inútil.

No solo deberíamos ser capaces de interactuar, hasta cierto punto, con los productos de la ciencia; deberíamos tener algún conocimiento de sus peligros y sus limitaciones para poder sostener opiniones fundamentadas sobre temas relacionados con la ciencia. Las personas deberían ser capaces de plantear preguntas críticas sobre la necesidad de experimentar con animales vivos, sobre las razones por las que los automóviles duran tan poco tiempo, sobre los costes y los riesgos de la energía nuclear, sobre el «efecto invernadero» y el «agujero de la capa de ozono», sobre los argumentos esgrimidos por las grandes compañías farmacéuticas para cobrar por sus fármacos «de marca» diez veces más de lo que cuestan sus equivalentes «genéricos», etc. Como se dijo antes, para que la gente tenga alguna sensación de control sobre estos asuntos, necesitan ser capaces de formular buenas preguntas y de detectar malas respuestas. Aunque no seamos capaces de construir nuestro propio ciclotrón en el jardín trasero, deberíamos poder hablar en plan «científico macarrónico» para saber si nos tratan de cegar con la ciencia, y adquirir una comprensión básica suficiente del mundo de la ciencia para tener un interés inteligente, por razones prácticas o por razones recreativas, en lo que los científicos tienen que decir.

Detrás de los descubrimientos y el lenguaje de la ciencia, se encuentran las impresiones y las creencias más generales de la gente sobre la naturaleza y el estado del conocimiento científico, y sobre lo que realmente son, y hacen, los científicos. Para comprender la ciencia con que se topa,

la gente necesita conocer algo del tipo de empresa que es la ciencia y necesita tener unas expectativas realistas de lo que puede y no puede ofrecer. Individuos y sociedades saldrán perdiendo si mantienen hacia el mundo científico una reverencia exagerada o una hostilidad total. No podemos seguir culpando a los científicos por la miope explotación de los recursos naturales no renovables ni por la contaminación que respiramos o sobre la que leemos cada día. La tecnología que hemos producido es un espejo de nuestros valores, hábitos y necesidades *no* científicos. Si millares de nosotros, la gente ordinaria, no gastáramos tanta agua, los ríos estarían menos contaminados. Si no nos preocupara tanto nuestro aspecto, no habría conejos con dolorosa mugre incrustada en los ojos. Es demasiado fácil, y demasiado injusto, señalar a los «científicos» como cabeza de turco. Pero tampoco están ellos exentos de la exigencia de pensar en los valores que subyacen a lo que hacen. Puede que no sea una defensa lo bastante buena decir que se ha diseñado una nueva y complicada técnica quirúrgica o se han alterado los genes de un animal vivo simplemente porque se trata de retos interesantes. Todos necesitamos la capacidad y la inclinación para estar atentos a los costes y los riesgos que los avances científicos pueden aportar.

Por tanto, hace falta una apreciación exacta de la ciencia tanto por parte de sus potenciales productores como por parte de todos nosotros, sus consumidores. Por muy «verde» que sea nuestra visión de la economía nacional o global, en el futuro será tan necesario como lo es hoy tener un surtido de buenos científicos a mano. La definición de «buenos» que pueda tener la gente podrá variar algo, pero es seguro que no vamos a alimentar al mundo, ni a limpiarlo, mediante un retorno a actitudes y prácticas precientíficas. Puede que los valores y las prioridades de la ciencia deban cambiar, pero seguro que la necesidad de práctica científica será la misma. Las tecnologías «blandas» en modo alguno son siempre tecnologías fáciles de diseñar y los problemas científicos implicados en la obtención de cantidades útiles e importantes de energía del sol, del viento o del oleaje son formidables; en cambio, a un nivel más convencional, la prosperidad de las naciones depende enormemente tanto de la tecnología como de la inversión en la denominada «investigación pura». Fue un residente del N.º 10 de Downing Street, y no el habitante de una torre de marfil, quien dijo en 1988:

Hemos sido capaces de construir el mundo moderno, principalmente, revelando los secretos más básicos de la naturaleza, tanto si se trata de la estructura de la materia y de las fuerzas fundamentales como si se trata de la naturaleza de la propia vida. Aunque la ciencia básica puede ofrecer unas recompensas económicas colosales, estas son totalmente impredecibles. En consecuencia, las recompensas no se pueden juzgar por los resultados inmediatos. ... Ciertamente, la rapidez con que aparecen los beneficios de la investigación guiada por la curiosidad es sorprendente. El deseo

natural que tienen las personas dotadas de sobresalir y recibir crédito por su trabajo debe ser aprovechado¹.

Pero si las sociedades necesitan científicos, necesitan personas que quieran llegar a ser científicos; y esto significa que grandes cantidades de estas personas deben adquirir una imagen más o menos precisa y positiva del trabajo científico; así como los principios de alguna comprensión científica, cuando son jóvenes. Se les debe dar una idea de lo que implica la investigación científica y de los distintos tipos de ciencia que hay —desde vivir con gorilas en las montañas africanas hasta sintetizar nuevos tipos de conservantes alimentarios— para que les pueda gustar ganarse la vida con ella. Necesitarán «saborear» de alguna manera cuáles son las recompensas y las satisfacciones, así como algunos de los problemas éticos y prácticos, que comporta la ocupación real de «hacer ciencia».

Además de estas razones públicas de la importancia de la enseñanza de la ciencia, también existe una creencia generalizada de que el tipo de pensamiento y de aprendizaje que requiere la Ciencia (con C mayúscula) tiene un valor potencial para todo el mundo en su vida cotidiana, independientemente de que se enfrente formalmente o no a un problema «científico». Según este argumento, tener algún tipo de formación científica dota a la persona de actitudes y aptitudes que la mantendrán en una buena posición sea cual sea la carrera o el tipo de vida que decida seguir. Podrá observar con más atención y pensar con más claridad, y podrá poner en juego estas aptitudes en una gama mucho más amplia de problemas informales y de la vida real que las aptitudes que solo son científicas en un sentido técnico. Decidir con nuestra pareja qué tipo de anticonceptivo usar o intentar hacer de topógrafo al comprar un terreno, son ejemplos de problemas del mundo real que podrían recibir el apoyo de algún tipo de razonamiento científico además de nociones de conocimientos científicos precisos, aun cuando también impliquen otros tipos de pensamiento y de reflexión.

Por tanto, existen muchas razones de peso para la importancia de la enseñanza de la ciencia. Importa en términos de rendimiento económico. Importa en términos de la búsqueda de mejores maneras de explorar el potencial de la naturaleza, sin dañarla y sin ahogar al planeta. Importa en términos de la capacidad de la persona para introducirse en el mundo de la ciencia por placer y diversión. Importa porque las personas necesitan sentir que tienen algún control sobre la selección y el mantenimiento de la tecnología que utilizan en sus vidas. Importa porque las personas deberían ser capaces de participar en algunos de los debates cruciales relacionados con la ciencia con que se enfrentan nuestras sociedades. Importa porque los

¹ De un discurso de Margaret Thatcher en la Cena Anual de la *Royal Society* de 1988.

estereotipos sobre la ciencia y los científicos, tanto si son favorables como si son desfavorables, distorsionan las aportaciones de la gente a estos debates. Importa porque parece ofrecer a la gente un poderoso tipo de instrumento para el pensamiento que puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas en su propia vida. E importa porque la ciencia constituye una parte fundamental y en constante cambio de nuestra cultura y porque, sin una comprensión de sus rudimentos, nadie se puede considerar adecuadamente culto, como dijo C. P. Snow hace ya muchos años.

Con tal cúmulo de argumentos en la mano, es difícil imaginar a alguien, sean cuales sean su política, sus valores o sus circunstancias, que niegue que alguna forma de enseñanza de y sobre la ciencia debe formar parte de un intento general de equipar a los jóvenes para que puedan enfrentarse de la mejor manera posible a un mundo complicado. La enseñanza de la ciencia merece ocupar un puesto central en el currículo. Y esto es, efectivamente, lo que está ocurriendo en todo el mundo. Muchos países, impulsados tanto por inquietudes de prosperidad nacional y por la necesidad de competir en mercados internacionales dominados por la tecnología, como por la compasión por la situación de perplejidad del individuo, se ocupan de fomentar la ciencia dentro del programa de estudios escolar. El *National Curriculum for England and Wales* [Currículo Nacional para Inglaterra y Gales], por ejemplo, ha entronizado la ciencia como una de las tres «materias fundamentales» del currículo escolar obligatorio hasta la edad de 16 años y, junto con las matemáticas y el Inglés, se lleva la parte del león del horario de estudios. La especificación de los diecisiete «objetivos a alcanzar» en ciencias contiene una descripción detallada de lo que todos los jóvenes deben saber o deben ser capaces de hacer cuando acaben su educación, desde lo simple («listar y verificar observaciones») hasta lo avanzado («explicar la electrólisis en términos de reacciones iónicas»). También Australia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos se han ocupado recientemente de inspeccionar y revisar sus programas de estudios en ciencias. Y muchos de los países catalogados como no industrializados o en vías de desarrollo, que en gran medida han identificado el desarrollo con los avances científicos, consideran una prioridad nacional enviar enseñantes a caros cursos de ultramar para que aprendan las últimas ideas sobre cómo enseñar ciencias de quienes se supone que lo deben saber. Es evidente que gobiernos y educadores de todo el mundo ven el valor de la enseñanza de la ciencia y están dispuestos a invertir en ella sustanciales cantidades de dinero y a exigir a los estudiantes que dediquen a su estudio grandes cantidades de tiempo.

La situación actual

Sin embargo, y a pesar de estos compromisos, sigue habiendo serias dudas sobre el éxito de los programas de enseñanza de la ciencia. El rendimiento de estas inversiones nacionales parece decepcionante sea cual sea el objetivo general que se tenga en cuenta de los mencionados anteriormente. Desde el punto de vista económico, parece que no surgen suficientes jóvenes de las escuelas ni tan buenos ni tan entusiastas como para satisfacer las necesidades de la industria basada en la ciencia. En Gran Bretaña se da una escasez creciente de graduados en ciencias, con una caída del 7,5 por ciento en verano de 1988, según el *Committee of Vice-Chancellors and Principals*, el foro nacional de quienes rigen las universidades². Ese mismo año, la compañía farmacéutica Beecham afirmó que solo pudo contratar a 70 de los 120 científicos graduados que necesitaba; Wellcome dijo que tendría que contratar a graduados en ciencias del resto de Europa; y Glaxo aumentó sustancialmente sus salarios iniciales para tratar de atraer a recién graduados.

Un informe del *Advisory Council for Science and Technology* presentado al Primer Ministro británico en 1990, advertía sobre la escasez de científicos expertos en el campo internacionalmente competitivo de la biotecnología y volvía a expresar su preocupación por la «fuga de cerebros». Las inquietudes del consejo tuvieron algo más de sabor cuando, en el transcurso de la conferencia de prensa en la que se dio a conocer el informe, se dijo que uno de sus principales autores había sido incapaz de asistir porque había emigrado recientemente para dirigir una compañía de biotecnología en California³. En términos de su capacidad para producir jóvenes con el gusto suficiente por la ciencia como para desear ganarse la vida con ella y que hayan aprendido lo suficiente como para poderlo hacer, no parece que las escuelas hayan tenido el éxito que los líderes de la industria hubieran deseado.

Esto parece reflejar tanto un fracaso en dirigir a los jóvenes hacia la ciencia como un fracaso en ofrecerles unos fundamentos adecuados aun en los conocimientos y las técnicas científicas más básicas. Parece que varios años de ciencias en la escuela suelen dejar poca huella en las mentes de grandes cantidades de estudiantes. La *Assessment of Performance Unit* [Unidad de Evaluación del Rendimiento], establecida y sufragada con costes considerables por el Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno Británico (nótese la vinculación entre estas dos palabras incluso en el nombre del ministerio) con el fin de supervisar los logros de estudiantes de ciencias

² Estos datos estadísticos fueron citados por Colin Blakemore en su discurso presidencial titulado «¿A quién le importa la ciencia?» dirigido a la *British Association for the Advancement of Science Annual Meeting*, Sheffield, septiembre de 1989.

³ Noticia aparecida en *The Independent* el 20 de junio de 1990.

de distintas edades, informó en 1988 sobre sus resultados para jóvenes de 15 años⁴. Encontraron que entre el 80 y el 90 por ciento no sabía leer correctamente un simple manómetro de agua (básicamente, la altura de una columna de agua en un tubo de vidrio); el 45 por ciento no sabía leer correctamente un valor preestablecido en un cronógrafo; el 80 por ciento no sabía pesar correctamente una masa de agua dada; el 86 por ciento no sabía usar correctamente una probeta con escala para encontrar el volumen de agua contenido en una taza; y el 50 por ciento ni siquiera sabía leer correctamente un valor preestablecido en una regla.

En otras palabras, tras al menos cuatro años de estudiar ciencias y de llevar a cabo centenares de experimentos, parecía que bastante más de la mitad de los jóvenes de 15 años eran incapaces de utilizar los instrumentos de medida más básicos del laboratorio de ciencias de una manera adecuada. Y digo parecía porque, simplemente, no me creo que fueran realmente incapaces de realizar o dominar correctamente estas técnicas tan simples y triviales. Después de todo, estamos hablando de jóvenes cuya gran mayoría es, al menos, tan capaz como sus padres o enseñantes de hacer funcionar el vídeo, leer termómetros clínicos, programar hornos microondas o pesar harina.

La preocupación por el rendimiento tan lastimoso de un trabajo tan duro ha desembocado, durante las dos o tres últimas décadas, en un intento casi continuo de concebir mejores esquemas y métodos de enseñanza. Sin embargo, suponer que un problema de esta magnitud se puede resolver mediante un ajuste preciso de las técnicas de enseñanza o un retoque del programa de estudios que permitan una mejor «adquisición» de estas operaciones, quizá equivalga a analizar el problema con un marco de referencia demasiado estrecho. ¿Realmente estamos contemplando una situación en la que los jóvenes aplican sus recursos cognitivos de la mejor manera que pueden, pero son derrotados por la pura dificultad de las demandas que se les plantean? ¿No podría ser, en cambio, que quizá algunos —sino muchos— de ellos se encuentran tan embaucados por toda la empresa en sí que más o menos se han desconectado y solo ponen en funcionamiento un número muy reducido de pistones mentales?⁵

Si bien no tenemos mucho éxito en producir aptitudes y actitudes para la ciencia real, ¿no estaremos, por lo menos, formando jóvenes con unos conocimientos básicos razonables del mundo natural y de las ideas generales y eficaces que han descubierto los científicos? Por desgracia, no es así. Las clases de ciencias no solo fracasan en enseñar adecuadamente los rudimentos

⁴ *Assessment of Performance Unit, Science at Age 15*, HMSO, Londres, 1988.

⁵ Véase mi capítulo «Cognition doesn't matter if you're scared, depressed or bored» en Philip Adey (Ed.), *Adolescent Development and School Science*, Falmer: Londres, 1989.

de los procedimientos de laboratorio; incluso parecen fracasar en transmitir los hechos científicos más básicos. Dos recientes estudios sobre el conocimiento científico del público en general, uno llevado a cabo en Gran Bretaña y otro en Estados Unidos, revelaron un fenomenal nivel de ignorancia. Bastante menos de la mitad de los estadounidenses y solo una tercera parte de los británicos saben que la tierra da una vuelta en torno al sol una vez al año. Una tercera parte de estadounidenses y de británicos creen que se puede descontaminar leche radioactiva hirviéndola. La mayoría de los entrevistados creen que los antibióticos matan virus. Aunque uno de los investigadores afirma que «en el mundo industrializado se reconoce cada vez más que la cultura científica es un componente importante del crecimiento económico a largo plazo y de una ciudadanía eficaz», él mismo se ve obligado a concluir a partir de estos estudios que «en dos de las democracias más antiguas y prominentes del mundo, al menos nueve de cada diez ciudadanos carecen de la cultura científica necesaria para comprender la formulación de la política pública de un segmento muy importante de sus programas políticos nacionales y para participar en ella⁶». Comparemos estos resultados con los de una serie de estudios realizados para el Economic and Social Research Council (en los que se demuestra que, cuando la gente ve un uso personal o práctico para la ciencia y está lo suficientemente motivada, con frecuencia demuestra una destacada capacidad para aprender y retener datos científicos), y las explicaciones basadas en la dificultad intrínseca de las ciencias empezarán a perder consistencia⁷.

Si la información sobre hechos y datos científicos básicos que se da en la escuela no «prende», tampoco podemos abrigar demasiadas esperanzas respecto a las teorías. Y la verdad es que una reciente investigación muestra que el principal efecto de asistir a clases de ciencias entre los 11 y 16 años de edad es capacitar a los estudiantes para expresar con más fluidez precisamente los mismos malentendidos que tenían al empezar⁸. Incluso si rascamos un poco en los estudiantes universitarios de ciencias físicas, lo más probable es que encontremos que conciben *intuitivamente* una noción tan fundamental como la de «fuerza» de la misma manera que cuando estaban en primera enseñanza: una manera que es completamente «errónea» desde el punto de vista de los científicos⁹. Parece que en cuanto sacamos incluso a estudiantes con éxito (y

⁶ Véase *Science*, 3 de febrero de 1988, p. 600. Desde entonces este estudio ha sido replicado de una forma modificada aunque con resultados similares por Glynis Breakwell, de la Universidad de Surrey. Los resultados aparecieron en *The Sunday Times* del 22 de abril de 1990.

⁷ *The Guardian*, 14 de mayo de 1990.

⁸ S. Sjøberg y S. Lie, «Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students», Informe del Instituto de Física de la Universidad de Oslo, 81-11, 1981.

⁹ M. McCloskey, «Intuitive physics», *Scientific American*, 248, 114-22, 1983.

a sus enseñantes) del camino bien trillado de las definiciones de los libros de texto, las demostraciones típicas y los ejemplos resueltos, su capa superficial de comprensión científica formal se resquebraja con extrema rapidez, manifestando haber tenido, como mucho, una profundidad meramente epidérmica. Por debajo se encuentran teorías legas, no científicas, curiosas mezclas de experiencia personal y dudoso sentido común, que parecen haber persistido sin sufrir alteración alguna a causa de la mano de sofisticación científica que se ha dado sobre ellas.

¿Y qué ocurre con la intención de desarrollar las aptitudes y los hábitos del pensamiento lógico? A pesar de muchas afirmaciones de que la enseñanza de la ciencia es potencialmente capaz de conducir a las personas a pensar de manera racional, no hay evidencias de ello. La investigación sobre las aptitudes para el razonamiento formal no ha mostrado diferencias entre los estudiantes de ciencias y los de letras, ni siquiera en el nivel universitario¹⁰. Y, en general, la escuela parece ser una inductora de la racionalidad muy poco eficaz. Un reciente estudio a gran escala llevado a cabo en Norteamérica ha mostrado que la calidad de los argumentos utilizados por las personas en sus conversaciones informales cotidianas, prácticamente no tiene ninguna relación con la cantidad de educación que han recibido¹¹. Si se quiere evaluar la educación que tenemos por su capacidad para desarrollar el pensamiento lógico, la verdad es que ofrece unos beneficios muy escasos en relación a la enorme inversión de tiempo realizada por los jóvenes.

La historia reciente de la enseñanza de la ciencia

La actual insatisfacción con la enseñanza de la ciencia no es nada nuevo. Con una gran regularidad durante los últimos 40 años o más, la gente se ha preocupado por lo poco que disfrutaban y consiguen muchos estudiantes en las clases de ciencias. De una manera u otra, los desarrolladores de currículos han tratado de encontrar maneras de escapar del modelo de la ciencia como un cuerpo de conocimientos descubiertos por personas inteligentes y distantes y que es importante que los estudiantes lleguen a dominar, es decir, a

¹⁰ R. A. Griggs y S. E. Ransdell, «Scientists and the selection task», *Social studies in science*, 16, 319-30, 1987; S. L. Jackson y R. A. Griggs, «Education and the selection task», *Bulletin of the Psychonomic Society*, 26, 327-330, 1988; D. R. Lehman, R. O. Lempert y R. E. Nesbitt, «The effects of graduate training on reasoning», *American Psychologist*, 43, 431-442, 1988.

¹¹ D. N. Perkins, «Post-primary education has little impact on informal reasoning», *Journal of Educational Psychology*, 77, 562-71, 1985. Para una revisión general de los intentos de enseñar a pensar directamente, véase R. S. Nickerson, D. N. Perkins y E. E. Smith, *The Teaching of Thinking*, Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1985.